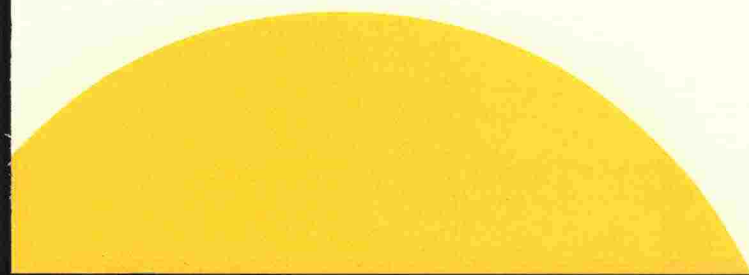




Lassi Partanen, Panu Sainio

Rengaspainetutkimus

Tiehallinnon selvityksiä 11/2001



Jakelussa mainitut

SAATE

23.4.2001

Rengaspainetutkimus

Tutkimusraportin jakelu

Tiehallinnon tiestötiedot-yksikkö lähettää tiedoksenne oheisen raskaan liikenteen rengaspaineita koskeneen tutkimuksen loppuraportin. Tutkimuksessa kerättiin renkaiden ilmanpaineista ja kuluneisuudesta sekä renkaiden ja jarrujen lämpötiloista 202 kuorma-auton ja 3 256 renkaan edustava näyte, josta saatavia keskiarvo- ja jakaumatietoja hyödynnetään mm. tierakenteiden kestoiän mallintamisessa ja liikenneturvallisuustyössä. Tierakenteiden kestoiän mallintaminen jatkuu meneillään olevassa Tien pohja- ja päällysrakenteiden tutkimusohjelmassa, joten kerättyä aineistoa ei ole tässä raportissa analysoida kovinkaan syvällisesti siitä näkökulmasta. Sen sijaan raportissa tarkastellaan laajasti erilaisia liikenneturvallisuuteen liittyviä tekijöitä.

Tutkimuksen tilaajina olivat Tiehallinto ja Ajoneuvohallintokeskus ja toteuttajina Helsingin ammattikorkeakoulu (mittaukset) ja Teknillinen korkeakoulu (analyysi). Lisätietoja tutkimuksesta antaa Pekka Rätty Tiehallinnosta (puh. 0204 22 2601) ja Ove Knekt Ajoneuvohallintokeskuksesta (puh. 6185 3208). Tutkimusaineisto on saatavissa erilaisiin jatkoanalyysihin Tiehallinnon tiestötiedot-yksiköstä.

Apulaisjohtaja
Tiestötiedot



Kari Hiltunen

LIITTEET

Rengaspainetutkimus. Tiehallinnon selvityksiä 11/2001. Helsinki 2001.

JAKELU

Erillisen listan mukaan

TIEDOKSI

Hti

Pekka Rätty

Lassi Partanen, Panu Sainio

Rengaspainetutkimus

Tiehallinnon selvityksiä 11/2001

TIEHALLINTO
Helsinki 2001

ISSN 1457-9871
ISBN 951-726-730-4
TIEL 3200658

Oy Edita Ab
Helsinki 2001

Julkaisua myy/saatavana:
Tiehallinto, julkaisumyynti
Telefaksi 0204 22 2652
S-posti julkaisumyynti@tiehallinto.fi
www.tiehallinto.fi/julk2.htm

TIEHALLINTO
Tiestötiedot
PL 33
00521 HELSINKI
Puhelinvaihde 0204 22 150

Lassi Partanen, Panu Sainio: Rengaspainetutkimus. Helsinki 2001. Tiehallinto, tiestötiedot. Tiehallinnon selvityksiä 11/2001, 31 s. + liitt. 12 s. ISSN 1457-9871, ISBN 951-726-730-4, TIEH 3200658

Asiasanat: renkaat, raskas liikenne
Aiheluokka: 12, 21, 91

TIIVISTELMÄ

Tämän tutkimuksen tavoitteena oli kerätä tietoa kuorma-autojen ja niiden perävaunujen renkaiden ilmanpaineista ja kuluneisuudesta sekä renkaiden ja jarrujen lämpötiloista. Kerättyä aineistoa tarvitaan mm. arvioitaessa raskaan liikenteen turvallisuutta ja sen tiestöön aiheuttamaa rasitusta.

Kuorma-autoja tutkittiin yhteensä 202 kappaletta ja renkaita kaikkiaan 3 256 kappaletta. Kaikki mittaukset tehtiin pääkaupunkiseudulla ja sen lähiympäristössä toukokuussa 2000.

Kuorma-autojen ja niiden perävaunujen renkaat olivat yleisesti varsin hyvässä kunnossa. Siitä huolimatta varsinaisten perävaunujen vetoautoista 5,1 %:ssa ja varsinaisista perävaunuista 11,1 %:ssa oli vähintään kolme hyvin kulunutta rengasta. Näissä ajoneuvoissa renkaat huononivat siirryttäessä ajoneuvon keulasta perää kohden: vetoautojen etuakseleilla renkaat olivat hyvässä kunnossa mutta perävaunujen etuakseleilla oli jo jonkin verran huonokuntoisia renkaita, ja kaikkein kuluneimmat renkaat oli sijoitettu perävaunujen takimmaisille akselille siten, että neljännellä akselilla melkein jokainen rengas oli huonokuntoinen.

Renkaiden lämpötilat näyttivät nousevan jarrujen lämpötilojen mukana keskimäärin noin 40 °C:een. Perävaunujen renkaiden ja jarrujen lämpeneminen on kuitenkin vähäisempää kuin vetoautojen. Renkaiden ja jarrujen lämpenemisellä on selkeä ja luonteva yhteys ajoneuvojen kuormitukseen. Täyteen lastatuilla perävaunuttomilla ja puoliperävaunullisilla kuorma-autoilla jarrut olivat keskimäärin noin 20 °C kuumemmat kuin tyhjillä. Täyteen lastatuilla varsinaisilla perävaunuilla tämä ero oli puolestaan vähän alle 20 °C ja täyteen lastatuilla varsinaisten perävaunujen vetoautoilla 15–20 °C. Kaikkiaan kuudessa kaikista mitatuista autoista ensimmäisen akselin jarrujen lämpötilaero oli yli 40 °C.

Noin 80 %:ssa renkaista rengaspaine asettui välille 7,0–9,5 bar sen mukaan, kuinka leveästä renkaasta oli kyse ja tarkasteltiin vai paripyörää vai yksittäispyörää. Lopuissa renkaista rengaspaine oli joko huomattavan pieni tai hiekan korkea. Yksittäispyörissä rengaspaineet olivat pääsääntöisesti korkeampia kuin paripyörissä, ja paripyörissä oli suhteellisesti enemmän huomattavan pienipaineisia renkaita kuin yksittäispyörissä. Paripyörissä rengaspaineet olivat keskimäärin 7,9 bar riippumatta siitä, oliko kyse paripyörän ulommasta vai sisemmästä pyörästä; noin 42 %:ssa rengaspaine-ero ulomman ja sisemmän pyörän välillä oli vähemmän kuin 0,5 bar ja 92 %:ssa vähemmän kuin 2 bar. Satunnaisten haastattelujen perusteella kuljettajat tarkistavat rengaspaineet yleensä vain silmämääräisesti.

Keywords: tyres, heavy vehicles

SUMMARY

The purpose of this survey was to find out the variation of the tyre air pressure, temperature and tread depth of trucks and trailers. Additional information about brake temperature and cargo was collected. Trucks had been divided into three main groups. All together there were 202 vehicles inspected (3 256 tyres were measured). All measurements were carried out in capital area of Finland.

Tyres of trucks and trailers seem to be in relative good condition according to this survey. In 5,1 % of trucks with a trailer there was at least three or more illegal or nearly illegal (under 2 mm tread depth) tyres. In addition to those there were more faulty tyres towards rear end of the vehicle. Tyres in front axel were in a good condition in these cases. In 11,1% of trailers there were three or more illegal or nearly illegal tyres. Generally trailers were in reasonable condition. In trailers the worst tyres are seemed to be located in rear axels. Although in front axel of trailers there were also some tyres in a bad condition. In the forth axel nearly all the tyres were faulty.

Tyre temperature seems to rise along the brake temperature up to 40 degrees of Celsius. In addition to this there is a clear and natural connection of temperature rise between tyres and brakes compared to loading. With full load the breaks of trucks and semi-trailers were 20 degrees warmer than in the vehicles without any cargo. Difference between full loaded and empty trailer was not so large. Tyres of trucks with full load were about 15 to 20 degrees of Celsius warmer than the ones without cargo.

Vehicles that had over 40 degrees difference in the brake temperatures in front axel were only six out of all measured trucks and trailers. About 80% of measured tyre pressures were between 7,0–9,5 bar, depending on the width of tyre and if the question was about a single or a twin tyre. The rest of tyres were remarkably under inflated or slightly over pressuesied. In single tyres air pressure was in principally higher than in twin tyres.

Both in inner and outer twin tyres the average air pressure was 7,9 bar. In twin tyres there were more under inflated tyres than in single tyres. This is interesting and positive result because drivers possibilities and probably also interest to check and correct under inflated tyres varies. Ventil lance was missing in several cases. In twin tyres 42 % of tyres had pressure difference smaller than 0,5 bar. About 92% of twin tyres had pressure difference under 2 bar. As a result of occasional interviewing of the drivers they do check the tyre pressures hardly ever.

ESIPUHE

Tässä tutkimuksessa kerättiin kenttämittauksin tietoa liikenteessä olevien kuorma-autojen ja niiden perävaunujen renkaiden ilmanpaineista ja kuluneisuudesta sekä renkaiden ja jarrujen lämpötiloista. Tutkimukseen liittyvät mittaukset tehtiin toukokuussa 2000. Tutkimuksen tilaajina olivat Ajoneuvohallintokeskus ja Tielaitos, joiden edustajina toimivat Ove Knekt ja Pekka Rätty. He toimivat myös tutkimuksen ohjausryhmänä. Tutkimus liittyy Ajoneuvohallintokeskuksen tekniseen valvontaan ja Tielaitoksen tien pohja- ja päällysrakenteiden tutkimusohjelmaan.

Tutkimuksen suorittavina osapuolina olivat Helsingin ammattikorkeakoulun tekniikan ja liikenteen toimiala, Test Center Tiililä Oy (TCT) sekä yhdeksän kolmannen ja neljännen luokan autoinsinööriopiskelijaa. Tutkimuksen tiedonkeruusuuden johtajana ja aineiston alustavana jaottelijana toimi Turo Tiililä TCT:stä. Teknillisen korkeakoulun Autolaboratorio koosti aineistosta tämän raportin. Raportin kirjoittivat tutkimusapulainen tekn. yo. Lassi Partanen ja laboratorioinsinööri DI Panu Sainio. Osa raportista on poimittu lähes sellaisenaan TCT:n laatimasta mittausselesteesta.

Raportissa kunkin teoriaosion loppuun on koottu esimerkkejä aiheeseen liittyvästä kirjallisuudesta. Osa kirjoista on luonteeltaan käsikirjatyypisiä yleisteoksia ja osa teoriapainotteisia. Kaikki mainitut kirjat löytyvät Teknillisen korkeakoulun Autotekniikan laboratorion kirjastosta. Tutkimusaineisto on puolestaan saatavissa Ajoneuvohallintokeskuksesta ja Tielaitoksen tiestötiedot-yksiköstä.

Maaliskuussa 2001

Tiehallinto, tiestötiedot

Sisältö

1	JOHDANTO	7
2	MITTAUSVÄLINEET	8
3	KENTTÄMITTAUKSET	9
4	YRITYSTEN JA KULJETTAJIEN SUHTAUTUMINEN RENKAISIIN	11
5	ANALYYSIT	12
5.1	Renkaiden kulutuspinnan syvyys	12
5.1.1	Teoriaa	12
5.1.2	Mittaustulokset	13
5.1.3	Kuvaajat	14
5.2	Jarrujen lämpötilat	16
5.2.1	Teoriaa	16
5.2.2	Mittaustulokset	18
5.2.3	Kuvaajat	18
5.3	Aineiston luokittelu kuorman mukaan	19
5.3.1	Kuvaajat	21
5.4	Rengaspaineet	23
5.4.1	Teoriaa	23
5.4.2	Mittaustulokset	25
5.4.3	Kuvaajat	26
5.5	Aineiston lajittelu renkaiden lämpötilan mukaan	28
5.5.1	Kuvaajat	28
6	PÄÄTELMÄT	29
7	LIITTEET	31

1. Raportissa käytettävät lyhenteet
2. Kenttälomakkeet
3. Aineistosta laaditut yhteenvetotaulukot

1 JOHDANTO

Akselimassojen ohella myös rengaspaineet vaikuttavat siihen, millaisen ratituksen liikenne aiheuttaa tiehen ja tiestöön. Tässä tutkimuksessa kerättiin rengaspaineista 202 kuorma-auton ja 3 256 renkaan näyte, jota on tarkoitus hyödyntää mm. tierakenteiden kestoiän mallintamisessa. Näyte kerättiin toukokuun 2000 aikana pääkaupunkiseudulta ja sen lähiympäristöstä 12 kaupan ja teollisuuden lastaus- ja purkualueelta ja raskaan liikenteen taukopaikalta. Jotta näyte edustaisi hyvin nykyisin käytössä olevaa kuorma-autokalustoa ja kuljetuksia, se jaettiin 12 ryhmään kuorma-autotyyppin ja kuorma-auton käyttötarkoituksen mukaan, ja jokaiselle ryhmälle määritettiin minimimittausmäärä.

Rengaspaineet pyrittiin mittaamaan tutkimukseen valittujen kuorma-autojen jokaisesta renkaasta. Sen lisäksi renkaista ja ajoneuvoista kerättiin paljon muutakin tietoa: renkaan ja jarrun lämpötila, kulutuspinnan syvyys ja renkaan ja vanteen yleiskunto, rengaskoko, rengasmerkki ja tieto siitä, oliko rengas alkuperäinen vai pinnoitettu, akselin paikka ajoneuvossa ja akseleiden ryhmittely teleihin ja yksittäisakseleihin, akseleittain jousituksen ja rengastuksen tyyppi ja tieto siitä, oliko akseli nostettuna ylös vai laskettuna alas sekä ajoneuvosta rekisteritunnus, kansallisuus, tyyppi, kuormausaste ja vielä yleiskunto.

Kerätyt tiedot palvelevat paitsi tierakenteiden keston mallintamista myös mm. liikenneturvallisuustyötä. Liikennevahinkojen tutkijalautakuntien tutkimissa kuolonkolareissa 16 %:ssa eli joka kuudennessa olivat renkaat riskitekijänä vaikuttamassa onnettomuuden syntyyn. Talvijaksolla marras-huhtikuussa onnettomuuden aiheuttaneen auton renkaat vaikuttivat joka neljanteen kuolonkolariin. Vuosina 1991–1998 liikennevahinkojen tutkijalautakunnat ovat tutkineet moottoriajoneuvoissa mukana olleen kuolemaan johtaneita onnettomuuksia 2 209. Jokin renkaassa ollut puute on todettu 357 onnettomuudessa riskitekijäksi.

Mittauksissa käytettiin kahta erillistä mittausryhmää, joista kumpaankin kuului vähintään neljä mittaaajaa. Ennen varsinaisia mittauksia pidettiin koulutus-tilaisuus, jossa sovittiin yhteisistä mittausmenetelmistä, mitattavista ajoneuvoista ja yhteyshenkilöistä. Nämä yhteyshenkilöt olivat päivittäin yhteydessä toisiinsa. Iltaisin tehtiin aina yhteenveto päivän aikana mitatuista kuorma-autoista sekä sovittiin seuraavan päivän mittauksista. Näin vältettiin päällekkäisyydet niin mittauspaikkojen kuin ajoneuvojenkin suhteen sekä saatiin päivitettyä esimerkiksi tieto siitä, että tavoitteen mukainen määrä puoliperävaunullisia kuorma-autoja oli jo mitattu eikä näitä siten tarvinnut enää jatkossa mitata.

Ennen mittausten aloittamista pidettiin harjoitus, jolloin paikalle oli saatu maa-aineksilla lastattu perävaunun kuorma-auto. Tästä ajoneuvosta kerättiin tiedot samalla tavalla kuin ne oli tarkoitus mitata ja kirjata myös kentällä. Näin saatiin viimeisteltyä molemmille ryhmille samanlaiset työskentelytavat ja arvosteluperusteet sekä varmistettua se, että mittaustulokset olisivat vertailukelpoiset ryhmien kesken.

2 MITTAUSVÄLINEET

Molemmille ryhmille hankittiin kaksi varsinaista ilmanpainemittaria sekä yksi varamittari. Ilmanpainemittarien (Wika 213.53.100 0–10 bar) näyttämät tarkastettiin 1 bar välein ennen mittausten aloittamista sekä mittausten loputtua referenssimittarilla, joka oli kalibroitu akkreditoidussa kalibrointilaboratoriossa. Lisäksi mittausryhmät tarkistivat päivittäin, että ryhmän kaikki mittarit näyttävät samoja lukemia. Ilmanpainemittareihin teetettiin sopivat letkut ja hankittiin jatkovarret sisempien paripyörien rengaspaineiden mittausta varten.

Etukäteen tiedettiin, että vaikka paripyörissä on mahdollista asentaa sisempään renkaaseen venttiiliinjatke paineen mittauksen helpottamiseksi, eivät nämä ole kovin yleisiä. Mittausten aikana selvisi, että vain alle puolessa renkaista oli ko. jatke. Varsinkaan maa-aines- ja puutavarakuljetuksissa nämä venttiiliinjatkeet eivät kestä kovinkaan pitkään, koska ajoneuvoilla ajetaan paljon päällystämättömillä metsäautoteillä ja rakennustyömailla. Venttiiliinjatkeen puuttuminen vaikeuttaa ja joissain tapauksissa jopa estää rengaspaineen tarkistamisen.

Renkaan kulutuspinnan lämpötilan mittaamiseen hankittiin helppokäyttöisiä infrapunamittareita (Raytek Raynger ST). Siinä olevan lasersäteen avulla mittari oli helppo kohdistaa pisteeseen, josta lämpötila haluttiin mitata. Lämpötilamittareita kumpikin ryhmä sai käyttöönsä kaksi kappaletta. Lämpötilamittareiden näyttämät tarkastettiin useassa eri lämpötilassa ennen ja jälkeen mittausten. Referenssimittarina käytettiin lämpömittaria Metex P7178 (k-lanka), joka oli kalibroitu akkreditoidussa kalibrointilaboratoriossa. Käytännössä infrapunamittareiden näyttämät poikkesivat referenssimittarista ± 2 °C. Lisäksi mittausryhmät tarkistivat päivittäin, että ryhmän mittarit näyttivät samoja lukemia. Mittausselesteessä ei mainita, minkä tyypistä pintaa mitaten infrapunalämpömittarien näyttämät tarkastettiin.

Renkaan kulutuspinnan urasyvyysmittareita kummallekin ryhmälle hankittiin kaksi kappaletta. Niiden tarkkuus tarkistettiin erillisellä mittapalalla. Mittareiden lukematarkkuus oli noin 0,5 mm

Molemmille ryhmille vuokrattiin paineilmakompressori sekä aggregaatti kuljetuskalustoineen mahdollisia renkaan täyttöjä varten. Mittausryhmien varustukseen kuuluivat myös tunkki ja renkaanaukaisuvaimet. Näin varauduttiin renkaan vaihtoihin kentällä, mikäli venttiili olisi rikkoutunut mittauksen yhteydessä. Näitä työkaluja ei kuitenkaan tarvittu.

Venttiilityökalut sen sijaan osoittautuivat tarpeellisiksi. Venttiiliensuojahatut olivat usein niin tiukasti kiinni, ettei niitä saanut käsin auki. Paripyörissä ulompi hattu avattiin pihdeillä, sisempi tätä tarkoitusta varten tehdyllä työkalulla. Sisemmän hatun avaaja oli yksinkertaisesti pitkä varsi, jonka päässä oli hatun päälle sopiva kartiomainen syvennys. Varsi työnnettiin ulomman pyörän vanteen reiästä läpi ja kartiomainen syvennys painettiin lujasti venttiilin hatun päälle. Tämän jälkeen hattu aukesi helposti normaaliin tapaan työkalua kiertämällä.

3 KENTTÄMITTAUKSET

Tavoitteena oli kerätä 200 kuorma-auton ja niiden perävaunujen tiedot. Autot oli jaoteltu neljään ryhmään niiden lastin perusteella sekä kolmeen ryhmään perävaunutiedon perusteella.

Taulukko 1. Mitattavat kuorma-autot jaoteltuna kuljetuslajeittain sekä perävaunun perusteella. Tavoitteet ja suluissa toteutuneet.

Lasti	Kuorma-auto ilman perävaunua	Kuorma-auto, jossa on puoliperävaunu	Kuorma-auto, jossa on varsinainen perävaunu
Raaka-aine (puu, metalli)	10 (9)	0 (2)	30 (21)
Maa-aines (sora, rakenn.mat.)	30 (28)	0 (0)	10 (10)
Nestemäiset polttoaineet	0 (0)	0 (0)	20 (21)
Muu (kauppa, teollisuus)	20 (25)	40 (39)	40 (47)

Mittaukselle ei asetettu alueellisia vaatimuksia, joten kaikki mittaukset tehtiin pääkaupunkiseudulla tai sen lähialueilla. Mittauspaikat valittiin lähinnä sen mukaan, millaisia ajoneuvoja oli mittaamatta ja missä niitä liikkui. Alkupäivinä mitattuja ajoneuvoja kertyi nopeasti, koska lähes kaikki kuorma-autot kelpasivat johonkin ryhmään. Päivien edetessä ja kiintiöiden täytyttyä myös mittaustahti hidastui huomattavasti. Esimerkiksi eräänä mittauspäivänä toinen ryhmistä sai mitattua vain viisi autoa kuudessa tunnissa, joten kun lasketaan yhden varsinaisen perävaunun yhdistelmän mittausajaksi 20 minuuttia, kului ryhmältä tuolloin noin viisi tuntia odotteluun.

Mittauspaikat oli määritetty etukäteen vain alustavasti, joten päätös varsinaisesta paikasta voitiin tehdä aina edellisen päivän perusteella. Mittaukset tehtiin seuraavissa paikoissa: Maaliikennekeskus Helsingissä, Ämmässuon levähdyspaikat 1-tien varressa, Karhunkorven levähdyspaikka 3-tien varressa, Shell Pasila, Shell Vanhakartano, Esso Kitfall Lohjalla, Transpoint Pasila, Sompasaari, bensiiniasema Ysi5 Kilpilähdellä, Nesteen jalostamo Kilpilähdellä, Loppi sekä Vantaan Hakkila.

Mittauspaikalla kysyttiin omistajan lupa suorittaa mittaukset ja sovittiin kuljettajille tarjottavasta kahvista. Huoltamoiden ja kahviloiden omistajat suhtautuivat erittäin myönteisesti mittauksiin. Vain yksi kahvila oli kieltää mittaukset läheisyydessään, mutta mittausten luonteen selvittyä omistajalle saatiin mittaukset suorittaa tässäkin paikassa. Kun sopiva ajoneuvo löytyi, kuljettajalta kysyttiin lupa mittaukseen. Myös kuljettajat suhtautuivat mittauksiin varsin myönteisesti, vaikka toisinaan he tuntuivatkin pelkäävän poliisin ratsiaa.

Kaikista ajoneuvoista merkittiin muistiin sen merkki ja malli, rekisterinumero, kansallisuus, ajoneuvotyyppi, kuorma (raaka-aine, maa-aines, polttoaine tai muut), kuormausaste (tyhjä, puolitäysi, täysi), pysäköintiaika ennen mittausta sekä yleiskunto asteikolla 0–3. Ajoneuvojen lasti- ja kuormausastetiedot kysyttiin kuljettajalta. Kaikissa perävaunuissa ei ollut mallitietoja, joten niitä jäi puuttumaan jonkin verran. Usein kuljettajakaan ei tiennyt perävaunun merkkiä tai mallia.

Jokaisesta akselistasta kirjattiin muistiin, muodostiko se telin viereisen akselin kanssa, oliko kyseessä vetävä akseli, oliko akseli alhaalla vai ylhäällä, millainen jousitus siinä oli ja mikä oli jarrun lämpötila. Jarrun tyyppiä (levy vaiko rumpu) ei merkitty muistiin.

Renkaista merkittiin muistiin niiden merkki, koko, oliko renkaan kulutus-pintakuvio alkuperäinen vai oliko rengas nk. pinnoitettu, rungon kunto asteikolla 0–3, rengaspaine sekä renkaan kulutuspinnan syvyys ja lämpötila. Renkaan kulutuspinnan syvyys mitattiin kuluneimmasta kohdasta. Renkaan rungon arvosanat puolestaan annettiin seuraavin perustein:

- 3, jos rengas oli aivan uusi
- 2, jos runko oli virheetön
- 1, jos rungon kumi oli jo vanhuuttaan halkeillut tai siinä oli pieniä viiltoja
- 0, jos rungossa oli isoja viiltoja, pullistumia tms.

Rengaspaineiden mittaaminen ei aina onnistunut. Ongelmia oli erityisesti paripyörien sisempien renkaiden kanssa: joko venttiiliä ei löytynyt tai venttiili jäi hankalasti ulomman vanteen taakse piiloon, ja joskus venttiili tai venttiilin jatke tuntui niin huonokuntoiselta, ettei mittaaja uskaltanut avata sitä. Etukäteen tavoitteeksi oli asetettu, että rengaspaine mitattaisiin vähintään 75

%:ssa paripyörien sisemmistä renkaista. Tähän tavoitteeseen päästiin kuitenkin ennakoitua paremmin, sillä mittaus onnistui kaikkiaan n. 93 %:ssa tapauksista (1 036 kpl 1 110:stä). Kaiken kaikkiaan tutkimusaineistoon saatiin tietoja 3 256:sta renkaasta.

Kuljettajien aikatauluja ei haluttu viivästyttää tarpeettomasti, joten mittaukset tehtiin mahdollisimman ripeästi. Yhden varsinaisen perävaunuyhdistelmän mittaamiseen meni aikaa noin 20 minuuttia, puoliperävaunulliseen kuorma-autoon 15 minuuttia ja pelkän vetoauton tai perävaunuttoman kuorma-auton mittaamiseen 10 minuuttia. Mittausryhmillä oli tarkoitus täyttää vajaa-paineiset renkaat oikeaan paineeseen, mutta kuljettajat olivat kuitenkin sen verran malttamattomia, että he eivät halunneet näin tehtävän. Tätä on pidettävä erittäin huolestuttavana seikkana.

Kutakin ajoneuvoa mittasi neljä henkilöä. Ajoneuvon kummallakin puolella oli mittauspari: toinen oli kirjuri, toinen varsinainen mittaaja. Ensin kumpikin pari mittasi jarrujen lämpötilat. Sen jälkeen mitattiin ja kirjattiin muut tiedot. Tiedot koottiin liitteen 2 mukaisille kenttälomakkeille.

Autot ja renkaat olivat yleisesti hyväkuntoisia. Yhtään rengasta ei tarvinnut tämän tutkimuksen kuluessa vaihtaa. Venttiilit aiheuttivat muutamia läheltä piti -tilanteita; kun renkaan paine saatiin mitattua, saattoi venttiili jäädä vuotamaan. Luultavasti venttiiliin neulan alle pääsi luiskahtamaan pieni kiven siru tai joku muu roska, joka esti venttiilin kunnollisen sulkeutumisen. Venttiiliin neulaa muutaman kerran terävästi painamalla roska pääsi neulan alta pois ja venttiili sulkeutui kunnolla. Tämä oli tyypillistä maa-aines- ja puutavara-autoille. Ajettaessa yleisten teiden ulkopuolella pyöriin ja venttiileihin kertyy helposti likaa. Reilusta 3 200 mitatusta renkaasta uusittiin kuitenkin vain muutamia venttiiliin neuloja niiden rikkoutumisen takia. Venttiilinsuojahattuja lisättiin ja uusittiin noin 150 kappaletta. Puuttuvaa venttiilinsuojahattua on pidettävä huolestuttavana seikkana.

4 YRITYSTEN JA KULJETTAJIEN SUHTAUTUMINEN RENKAISIIN

Kuorma-autot perävaunuineen sekä niiden renkaat tuntuvat tämän tutkimuksen perusteella olevan varsin hyväkuntoisia, valvovathan niin katsastusviranomaiset kuin poliisikin ajoneuvojen kuntoa suhteellisen tehokkaasti. Autoissa ja renkaissa on kuitenkin melkoisia yrityskohtaisia eroja. Joissakin yrityksissä renkaat annetaan pinnoittaa vain kerran ja vetäville akseleille sallitaan ainoastaan pinnoittamattomia renkaita. Sen sijaan erityisesti pienissä yrityksissä renkaat uusitaan usein yksin kappalein aina sen mukaan, mikä rengas kuluu loppuun, mutta tällöinkin paripyöriin ja vetäviin akseleihin pyritään laittamaan kulutuspinnoitteen samanarvoiset renkaat. Niinpä ajoneuvoissa saattaa olla jokaisella akselilla erimerkkiset renkaat, mikä lainsää-

dännön mukaan on toki sallittua. Erimerkkiset renkaat ovat kuitenkin ominaisuuksiltaan erilaiset, mikä voi olla liikenneturvallisuuden kannalta riski.

Satunnaisten haastattelujen perusteella kuljettajat eivät tarkista ajoneuvonsa rengaspaineita juuri lainkaan. Kun rengas kerran uusitaan, ei siihen kosketa ennen kuin on aika vaihtaa se uuteen. Silmämääräinen tarkastus suoritetaan tietysti silloin tällöin. Jos eturenkaiden ilmanpaine-ero on yli 1 bar, kuljettaja huomaa tämän ohjauksen puoltamisena ja tuolloin hän täyttää eturenkaiden paineet.

5 ANALYYSIT

5.1 Renkaiden kulutuspinnan syvyys

5.1.1 Teoriaa

Rengas voi joutua vesiliirtoon jo yllättävän pienilläkin ajonopeuksilla, mikäli renkaan kulutuspinnan syvyys ei ole riittävä ja ajoradalla on muutamankin millin paksuinen vesikerros. Vesiliirrosta renkaan ja tienpinnan väliin muodostuu vesipatja, joka nostaa renkaan irti tiestä. Ilmiötä voi verrata laakerin öljykerrokseen, joka poistaa kitkan. Tällaista vesipatjaa ei pääse muodostumaan silloin, kun alla on riittävän karkea alusta tai renkaan kulutuspinnan kuviointi kykenee johtamaan veden renkaan alta pois. Kuvioinnin syvyydellä on merkittävä rooli tässä tehtävässä. Jos kuvioinnin syvyys ei ole riittävä, vesi ei yksinkertaisesti ehdi poistua renkaan alta siinä noin 0,01 sekunnissa, jolloin renkaan kosketuspinnan kuminappula on kosketuksissa tiehen.

Käytännössä raskaalle kalustolle vesiliirtoon joutuminen on erittäin harvinaista. Riski on kuitenkin olemassa, kun alla on hyvin kuluneita renkaita ja lastia ei ole mukana. Suurempi riski tulee kuitenkin ajettaessa sileiksi kuluneilla renkailla, jos joudutaan lukkojarrutukseen. Tällöin jarruttavasta rengas saattaa kulua huomattavan nopeasti, jolloin renkaan kudokset tulevat näkyviin, ja seurauksena on renkaan räjähtäminen. Lisäksi rengas, jonka kulutuspinta on kulunut pois, lämpenee enemmän kuin rengas, josta lämpöä voi siirtyä pois myös kulutuspinnan urien kautta. Ajettaessa lumella tai maastossa on kulutuspinnan urien syvyydellä ratkaiseva vaikutus saavutettavaan kitkatasoon.

Lisätietoa:

Laine Olavi. Autotekniikka, 1. Osa, Ajo-ominaisuudet. 1985.

Juurikkala Jussi. Autokirja. 1988.

Newcomb T.P, Spurr R.T. Braking on Road Vehicles. London 1966. 292 s.

VTI notat 77.1997. Tunga fordons däckanvändning-trafiksäkerhet, etapp 2.

Nordström Olle. HCVs on ice – friction properties of new and worn treads, Reprint from Tyre Technology International 1999. pp. 75-82. VTI särtryck 324. 1999.

5.1.2 Mittaustulokset

Mittauksissa renkaiden kulutuspinnan syvyys merkittiin muistiin erikseen kustakin renkaasta. Jotta aineiston käsittely olisi helpompaa, siitä tehtiin liitteenä 3 olevat yhteenvetotaulukot. Yhteenvetotaulukkojen perusteella laadittiin puolestaan kuvaajat havainnollistamaan kulutuspintojen syvyyden ja kautumista (ks. luku 5.1.3). Kuvaajat ryhmiteltiin renkaan leveyden mukaan yksittäisrenkaisiin (leveys yli tai alle 350 mm) ja paripyöriin. Renkaiden sijaintia ja akseli- tai telirakennetta ajoneuvossa ei kuvaajissa huomioitu.

Säädösten mukaan renkaan kulutuspinnan syvyyden on oltava vähintään 1,6 mm. Mittausmateriaalissa tarkkuutena oli kuitenkin käytetty yhtä millimetriä, joten aineistosta ei voida yksiselitteisesti sanoa, mitkä renkaista olivat laittomia. Käytännössä rengas on kuitenkin tulossa kohtuullisen nopeasti laittomaksi, jos renkaan kulutuspinnan syvyys on noin 2 mm. Niinpä analyysissä rengasta pidettiin liian kuluneena, jos kulutuspintaa oli 2 mm tai sitä vähemmän.

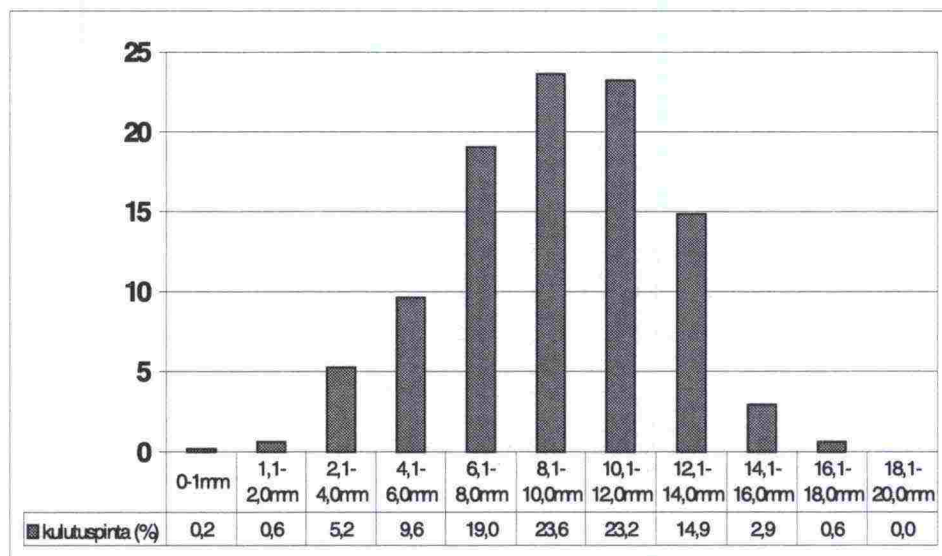
Analyyysi aloitettiin poimimalla mittausaineistosta kaikki sellaiset ajoneuvot, joissa oli yksikin liian kulunut rengas. Kaiken kaikkiaan renkaat olivat varsin hyvässä kunnossa, sillä esimerkiksi ilman perävaunua olleista kuorma-autoista ei löytynyt yhtään liian kulunutta rengasta. Puoliperävaunuissa liian kuluneita renkaita oli 7 tapauksessa ja niiden vetoautoissa 3 tapauksessa 41:stä. Eniten liian kuluneita renkaita oli varsinaisissa perävaunuissa ja niiden vetoautoissa: perävaunuissa 40 tapauksessa 102:sta ja vetoautoissa 27 tapauksessa 99:stä. Kaikkiaan 104 renkaassa 3 256:sta kulutuspintaa oli vähemmän kuin 2 mm.

Tarkempi tarkastelu tehtiin niille ajoneuvoille, joissa vähintään 3 liian kulunutta rengasta. Näitä ei ollut muissa kuin varsinaisissa perävaunuissa ja niiden vetoautoissa. Vetoautoista 5,1 %:ssa (5 kpl) oli vähintään kolme liian kulunutta rengasta. Näissä autoissa renkaat huononivat mentäessä perää kohti etuakselin renkaiden ollessa kunnossa. Varsinaisista perävaunuista 11,1 %:ssa (11 kpl) oli vähintään kolme liian kulunutta rengasta. Perävaunuissakin huonoimmat renkaat näytettiin sijoitettavan takimmaisille akseleille siten, että neljännellä akselilla melkein jokainen rengas oli liian kulunut, mutta myös etuakseleilla esiintyi joitakin liian kuluneita renkaita.

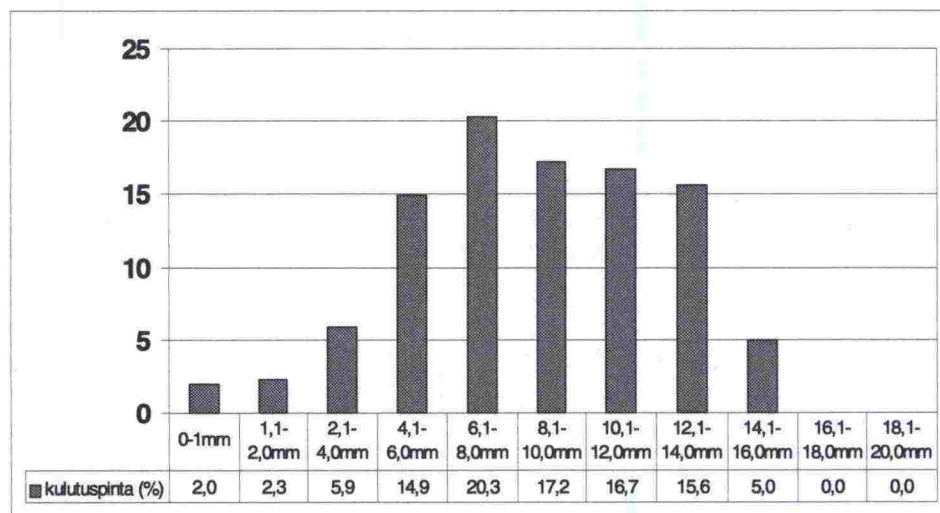
Norjalaisessa tutkimuksessa vuodelta 1999 (TOI rapport 468/1999 Vogntog, kjøretferd og kjøretøytilstand) oli käyty lävitse noin 2 600 ajoneuvoa. Näistä vain 0,3 %:ssa (8 kpl) oli toinen eturengas laiton ja vetävistä pyöristä vain 1,3 % oli laittomia. Perävaunujen kohdalla tarkistettiin 2 587 rengasta, joista vain 50 kappaleessa oli liian pieni urasyvyys (1,9 %). Tämän vertailuaineiston valossa suomalaisten kuorma-autojen ja niiden perävaunujen renkaat näyttivät olevat heikommassa kunnossa. On huomattavaa että norjalaisessa tutkimuksessa oli mitattu kuorma-autosta tai perävaunusta vain yksi rengas, joten ajoneuvojen takimmaisilla akseleilla tai paripyörissä olevia

huonompia renkaita ei ollut huomioitu. Tässä tutkimuksessa käytetty jaoittelu "vähintään kolme liian kulunutta rengasta" on otettu juuri huomioimaan pari-pyörien osuus.

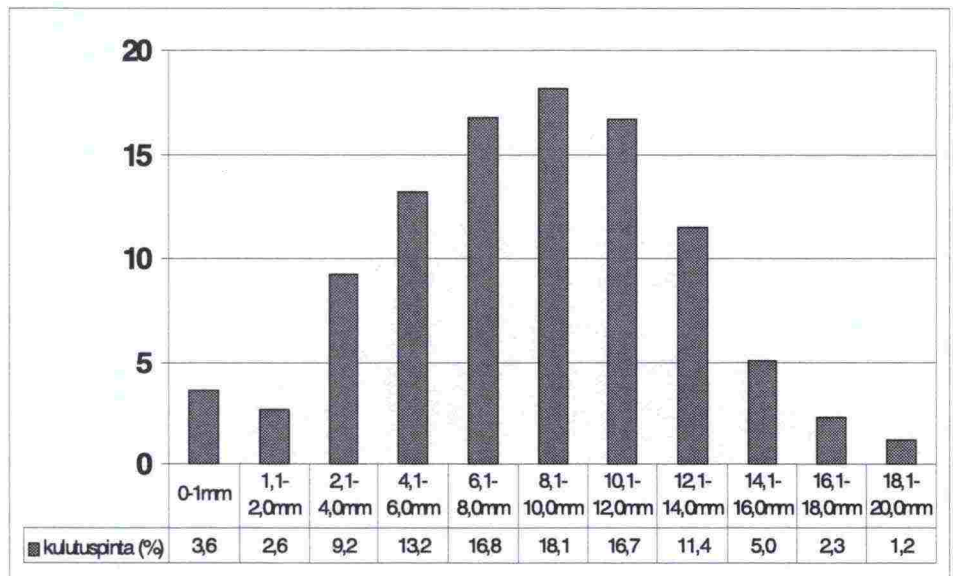
5.1.3 Kuvaajat



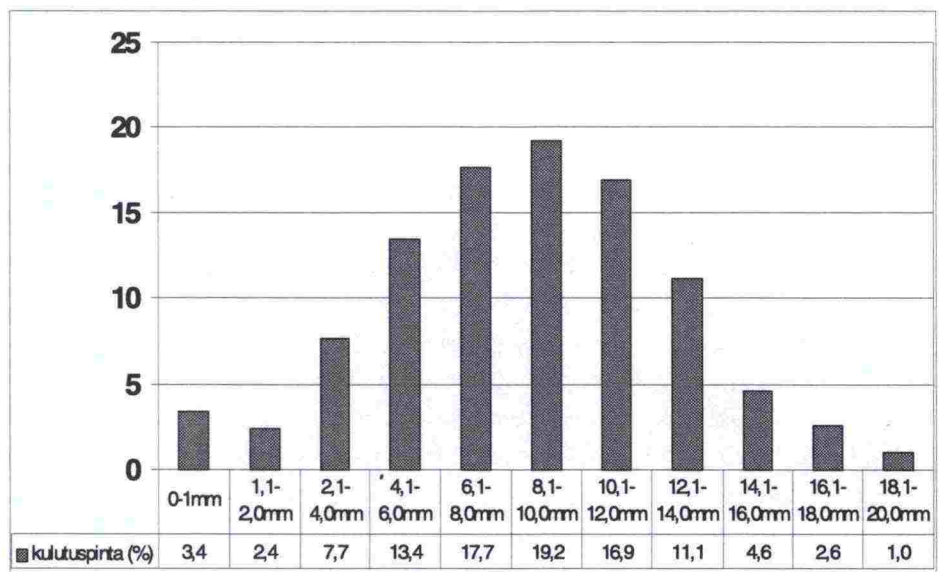
Kuva 1. Kulutus pintajakaumat yksittäisrenkaista, joiden leveys on alle 350 mm (478 kpl). Keskimääräinen kulutus pinnan syvyys 9,7 mm.



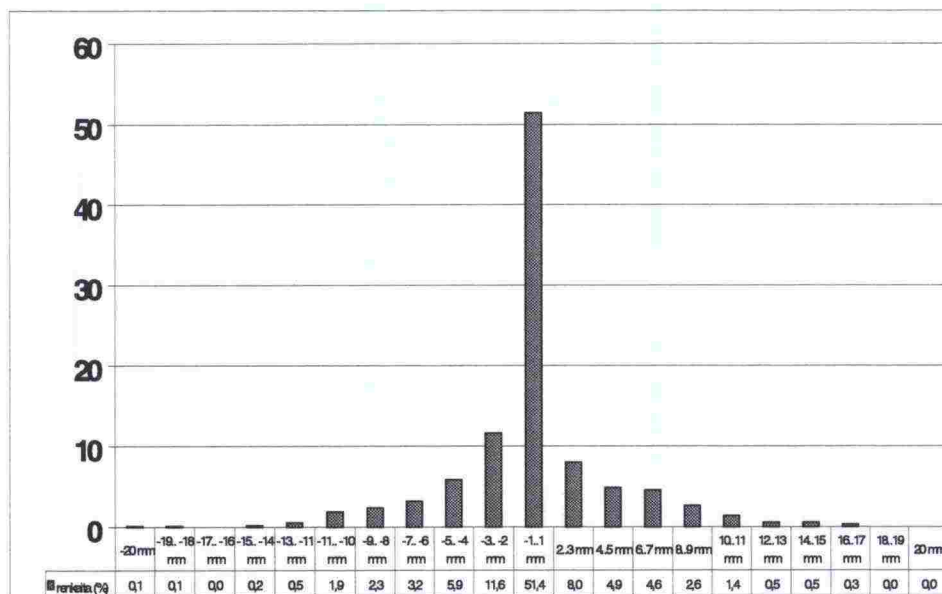
Kuva 2. Kulutus pintajakaumat yksittäisrenkaista, joiden leveys on vähintään 350 mm (558 kpl). keskimääräinen kulutus pinnan syvyys 9,1 mm.



Kuva 3. Kulutus pintajakaumat ulommista paripyöristä (1105 kpl). Keskimääräinen kulutuspinnan syvyys 9,0 mm.



Kuva 4. Kulutus pintajakaumat sisemmistä paripyöristä (1036 kpl). Keskimääräinen kulutuspinnan syvyys 9,0 mm.



Kuva 5. Ulompien ja sisempien parirenkaiden kulutuspiintojen syvyyksien erotuksen jakauma. Keskimääräinen kulutuspiinta ero $-0,05$ mm.

5.2 Jarrujen lämpötilat

5.2.1 Teoriaa

Jarrutettaessa autoa hidastetaan kuljettajan haluamalla tavalla. Auton ja perävaunun massa sekä nopeus saavat aikaan liike-energian, johon täytyy vaikuttaa jarrutuksen aikaansaamiseksi. Energian määrä on vakio, joten liike-energiaa ei voi hävittää vaan se on muutettava toiseen muotoon. Jarruissa tämä tapahtuu muuttamalla liike-energia lämpöenergiaksi kitkan avulla. Jarruissa käytetään materiaaleina hyvin lämpöä johtavia aineita, ja jarruihin on monesti muotoiltu jäähdytysriipoja jäähdytyksen tehostamiseksi. Jarrut toimivat sitä tehokkaammin mitä paremmin edellä mainitut asiat on järjestetty. Hetkellisesti jarruissa lämmöksi muutettava teho on henkilöautoillakin luokkaa satoja kilowatteja. Esimerkiksi 2 300 kg painoisen auton jarruttaminen nopeudesta 110 km/h ($30,5\text{ m/s} \rightarrow 0\text{ m/s}$) hidastuvuudella $7,6\text{ m/s}^2$ merkitsee keskimääräisesti noin 260 kW:n jarrutustehoa neljän sekunnin ajan. Vastavasti jos 22 500 kg painoinen kuorma-auto pysäytetään 85 km/h ($23,6\text{ m/s} \rightarrow 0\text{ m/s}$) nopeudesta hidastuvuudella $5,5\text{ m/s}^2$, niin jarruja lämmitetään keskimäärin noin 1 470 kW teholla 4,3 sekunnin ajan. On luonnollista, että tämän tyyppisen hätäjarrutuksen jälkeen jarrujen lämpötila hetkellisesti hyvinkin korkea (satoja Celsius-asteita).

Jarrujen kitkapintojen elinikä ja kitkakerroin laskee niiden ylikuumetessa. Kitkapinnan lämpötilan kohoaminen noin 300°C voi nostaa kitkakerrointa, mutta normaaleilla kitkamateriaaleilla tätä korkeammissa lämpötiloissa saattaa jo esiintyä jarrutustehon vähenemistä. Yksittäinen jarrutus ei vielä välttämättä

nosta lämpötiloja näin korkealle, mutta toistuvat jarrutukset tai jatkuva jarrutus (vuoristo) saattavat nostaa lämpötilan vaarallisen korkealle. Jos jarrujärjestelmässä on jo ennen jarrutuksen aloittamista liian korkea lämpötila, saattaa kuljettaja huomaamattaan sallia jarrujen liiallisen kuumenemisen. Normaalissa ajossa muutamien kymmenien asteiden lämpötilaa on pidettävä aivan normaalina varsinkin pysähtymisen jälkeen. Merkittävästi kohonnut lämpötila voi kuitenkin olla merkki jarrujen laahaamisesta. Tämän tyyppinen jatkuva "jarrujen päällä olo" on vahingollista jarruille ja kuluttaa tarpeettomasti polttoainetta.

Nestejarruissa (lähinnä kevyemmässä ajoneuvokalustossa) on vielä huomattava jarrunesteen kiehumispisteen vaikutus jarrutustehoon. Esimerkiksi uuden DOT 5 luokituksen mukaisen jarrunesteen kiehumispiste kuivana on noin 292 °C. Kiehumispiste laskee voimakkaasti nesteen kosteuden lisääntyessä ja jarrunesteen kiehumisesta saattaa tulla pidempiaikainen jarrutustehoa rajoittava tekijä.

Raskaissa ajoneuvoissa käytetään nykyään pääasiassa rumpujarruja. Levyjarrujen käyttö on kuitenkin nopeasti yleistymässä, koska ne jäähtyvät nopeammin ja niiden huolto on helpompaa. Myös levyjarrurakenteella saavutettava painonsäästö on merkittävä. Jarruttamiseen tarvittava energia saadaan paineilmosta, sillä pitkien voimansiirtomatkojen takia raskaissa ajoneuvoissa kuljettajan jalkavoimat eivät enää riitä jarrutuksen aikaansaamiseen. Lisäksi perävaunulle vaaditaan yhteys vetoauton jarruista, jolloin paineilma on paras ratkaisu. Raskaille, tavarankuljetukseen tarkoitetuille ajoneuvoille on tyypillistä se, että kuorma saattaa vaihdella kovasti. Tämä asettaa jarruvoiman jaolle omat vaatimuksensa. Jarruvoimat tulisi teoriassa jakaa akselikohtaisen kuormituksen mukaan. Kuormituksen tunteva jarruvoimansäätö sovittaa jarruvoiman sopivaksi akseleittain kussakin kuormitustilanteessa. Säätö voi tapahtua esim. jousien painuman perusteella. Jarruvoiman jakoperusteena voidaan uusimmissa ratkaisuihin käyttää myös jarrupalojen kuluneisuutta. Tällöin jarruvoiman säädöllä pyritään hallitsemaan jarrupalojen kulumista ja tätä kautta optimoimaan ajoneuvon huoltovälejä. Vaikka ylivoimaisesti suurin osa jarruista poistuvasta lämmöstä siirtyykin ilmaan, siirtyy lämpöä kuitenkin myös johtumalla akseliston metallirakenteita pitkin. Osa jarruissa kehittyvästä lämmöstä päättyy renkaaseen joko ilman välityksellä tai vannetta pitkin johtumalla.

Lisätietoa:

Juurikkala Jussi. Autokirja. 1988.

Newcomb T.P, Spurr R.T. Braking on Road Vehicles. London 1966. 292 s.

Limpert Rudolf. Brake Desing and Safety, Second Edition. SAE 1999. 525 s.

Truck System Design Handbook. SAE 1992. 750 s.

Klug Hans-Peter. Nutzfahrzeug – Bremsanlagen Aufbau und Funktion Prüf- und Wartungsarbeiten. 3. painos. Vogel 1993. 567 s.

Truck and Bus Safety Issues. SAE 1998. 70 s.

Truck Safety – An agenda for the future, June 3-5, 1986. Maryland. SAE 1986. 310 s.

Limbert Rudolf. Break Design and Safety, 2nd edition. SAE 1999. 525 s.

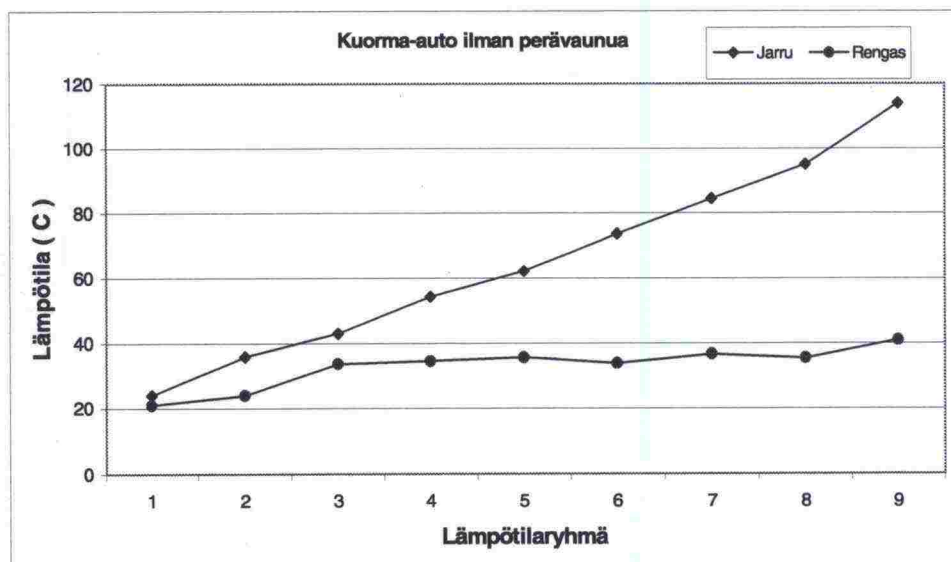
5.2.2 Mittaustulokset

Analysointi aloitettiin jaottelemalla aineisto jarrujen lämpötilojen mukaan. Jaottelu tehtiin erottelemalla omalla kymmenluvulla alkavat lämpötilat omiin ryhmiinsä. Alimmat ja ylimmät lämpötilat jaoteltiin havaintojen vähyyden takia suuremmalla skaalalla. Käytännön syistä jaotteluperusteeksi valittiin etuakselin vasemman jarrun lämpötila, koska se mitattiin ensimmäisenä eikä se niin ollen ollut ehtinyt vielä jäähtyä. Jaottelulla haluttiin tutkia jarrun lämpenemisen yhteyttä renkaan lämpenemiseen, koska renkaan lämmitessä myös renkaan paine kasvaa (ks. luku 5.4).

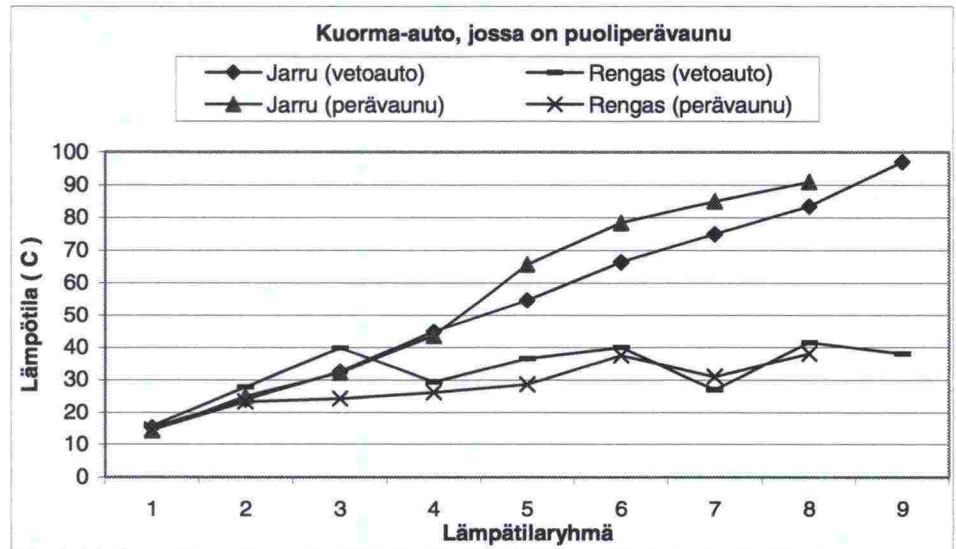
Jarrujen ja renkaiden lämpötilan välisestä yhteydestä tehtiin kuvaajat kuorma-autotyyppittäin (ks. luku 5.2.3). Kuvaajat piirrettiin keskiarvojen perusteella, koska tällä tavalla voitiin eliminoida mahdolliset poikkeavuudet ja erikoistapaukset. Kuvaajista nähdään renkaan ja jarrun lämpötilan kehittyminen. Kaikista kuvaajista on havaittavissa renkaiden lämpötilan nousevan jarrujen lämpötilan mukana aina noin 40 °C:een, minkä jälkeen renkaiden lämpeneminen pysähtyy. Perävaunujen renkaiden lämpeneminen on vähäisempää.

Mittaustuloksissa ei ollut eritelty, oliko ajoneuvossa rumpu- vai levyjarrut. Tämä on muuttuja, joka vaikuttaa suuresti jarrujen lämpötiloihin.

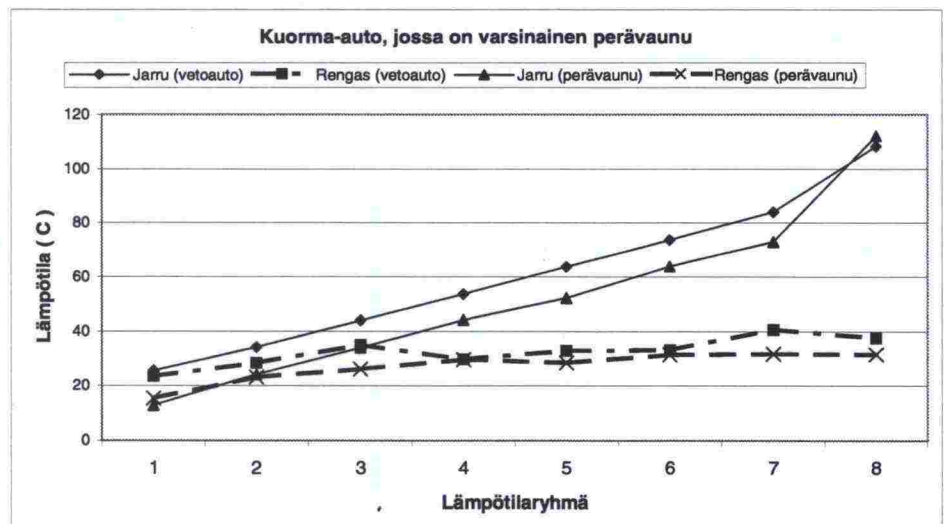
5.2.3 Kuvaajat



Kuva 6. Perävaunuttomien kuorma-autojen jarrujen ja renkaiden lämpötilojen vertailu. X-akselille merkitty lämpötilaryhmä viittaa kuorma-auton etuakselin vasemman jarrun lämpötilaan.



Kuva 7. Puoliperävaunullisten kuorma-autojen jarrujen ja renkaiden lämpötilojen vertailu. X-akselille merkitty lämpötilaryhmä viittaa kuorma-auton etuakselin vasemman jarrun lämpötilaan.



Kuva 8. Varsinaisten perävaunuyhdistelmien jarrujen ja renkaiden lämpötilojen vertailu. X-akselille merkitty lämpötilaryhmä viittaa kuorma-auton etuakselin vasemman jarrun lämpötilaan.

5.3 Aineiston luokittelu kuorman mukaan

Aineisto jaoteltiin myös ajoneuvon kuormausasteen mukaan (tyhjä, puolitäysi, täysi) ja jokaiselle kategorialle laskettiin rengaspaineiden, renkaiden lämpötilojen ja jarrujen lämpötilojen keskiarvot. Näin voitiin vertailla jarrujen lämpenemistä kuormausasteen vaihdellessa. Vertailussa jätettiin huomiotta kaikki sellaiset tapaukset, joissa mittaukset oli tehty auton jo seistynä yli kymmenen minuuttia, koska tällöin jarrut olivat jo ehtineet jäähtyä.

Selvyyden vuoksi vertailu tehtiin vain tyhjien ja täysien ajoneuvojen kesken. Luvussa 5.3.1 esitetyistä kuvaajista voidaan havaita selvästi, miten jarrujen ja renkaiden lämpeneminen riippuu kuormituksesta. Molemmissa ääripäissä, kylmissä sekä kuumissa jarruissa ja renkaissa, on vain joko täysiä tai tyhjiä vetoautoja tai perävaunuja.

Rengaspaineiden, renkaiden lämpötilojen ja jarrujen lämpötilojen keskiarvot laskettiin myös kuorma-autotyypeittäin sen mukaan, olivatko autot lastattuja tai lastaamattomia. Täyteen lastatuilla perävaunuttomilla ja puoliperävaunullisilla kuorma-autoilla jarrut olivat keskimäärin noin 20 °C ja renkaat 15–20 °C kuumemmat kuin tyhjiillä. Varsinaisilla perävaunuyhdistelmillä vastaavat erot olivat hieman pienempiä, jarruilla 10–20 °C ja renkailla noin 10 °C. Renkaiden ilmanpaineet seurailivat renkaiden lämpötiloja: mitä kuumemmat renkaat olivat sitä suurempia olivat myös rengaspaineet.

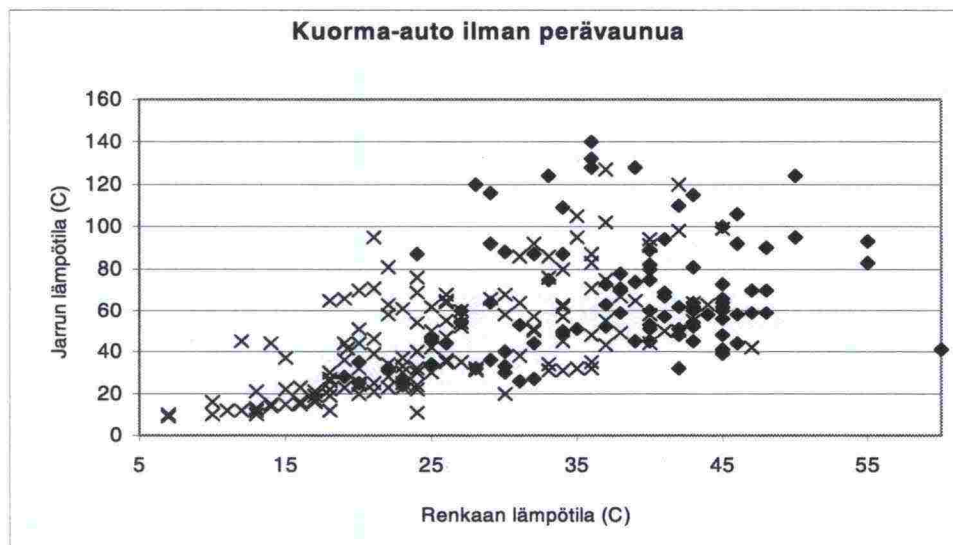
Kuten luvussa 5.2 todettiin, jarrutuksessa liike-energia muuttuu lämpöenergiaksi. Koska täyteen lastatulla ajoneuvolla on massaa enemmän kuin vastaavalla tyhjällä ajoneuvolla, myös lämpöenergiaa syntyy enemmän ja on luonnollista, että jarrut käyvät keskimäärin kuumempina.

Mittaustuloksia tarkasteltaessa huomattiin, että joissakin autoissa jonkin jarrusta kävi huomattavasti kuumempina kuin saman auton muut jarrut. Tällöin kyse on todennäköisesti viallisesta jarrusta. Jarru saattaa "laahata" eli jarruttaa rengasta hieman koko ajan, vaikka kuljettaja ei painakaan jarrua. Tällöin jarru kuumenee huomattavasti ja kuluu nopeasti pilalle. Kaikkiaan 6 tapauksessa kaikista mitatuista ajoneuvoista ensimmäisen akselin jarruissa oli vähintään 40 °C:n keskinäinen lämpötilaero.

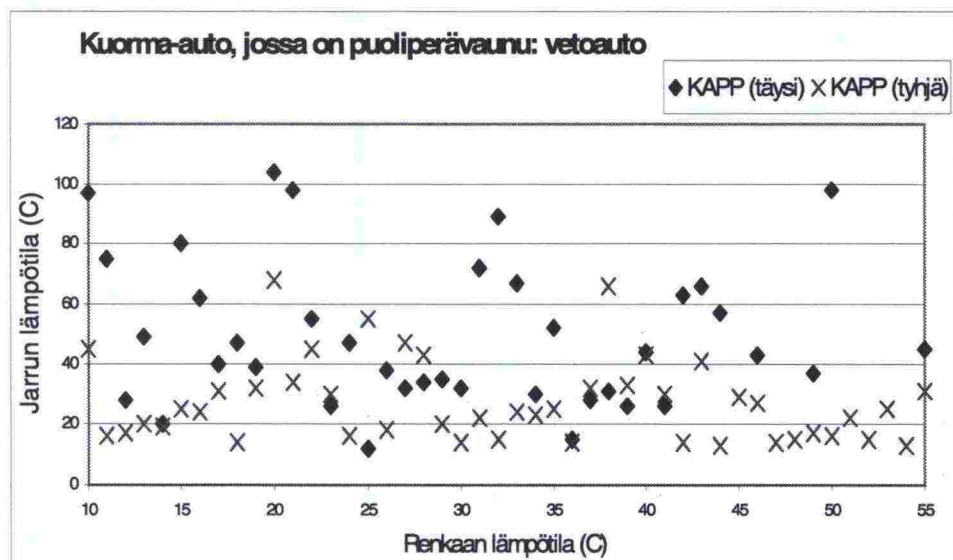
Tuloksissa täytyy kuitenkin muistaa huomioida tilanne, jossa mittaukset oli tehty. Aineistosta ei käy ilmi, kuinka paljon kuljettaja oli joutunut jarruttamaan ennen pysähdyspaikkaa. Jarrutuksen määrä nimittäin riippuu siitä, onko pysähdyspaikka ollut moottoritien varressa, mäen juurella, mäen päällä jne. Aineistosta ei myöskään käy ilmi, minkä tyyppisessä paikassa ajoneuvo oli mitattu. Tämän takia aineistoa ei ole mahdollista vertailla ja jaotella paikka-kohtaisesti.

Myös kuljettajan ajotapa vaikuttaa asiaan. Ajotapa voi olla aggressiivinen, jolloin jarrut joutuvat koville. Rauhallisella ja ennakoivalla ajotavalla kuljettaja voi sen sijaan hakea hyvää polttoainetaloutta ja samalla huomaamattaan säästää jarruja. Kuormausasteen luokittelusta ja ajoneuvon käyttötarkoituksesta ei voi päätellä kovinkaan tarkasti kuorman painoa, mikä osaltaan tuo tuloksiin omaa hajontaansa. Aineistoa oli kertynyt kuitenkin riittävästi, jotta suuntaa antavat analyysit voitiin tehdä ja kuvaajista nähdä jarrujen ja renkaiden lämpeneminen kuormausasteen mukaan. Lisäksi olisi vielä otettava huomioon, oliko kyseessä levy- vai rumpujarru, mutta tietoa jarrun tyyppistä ei ollut käytettävissä.

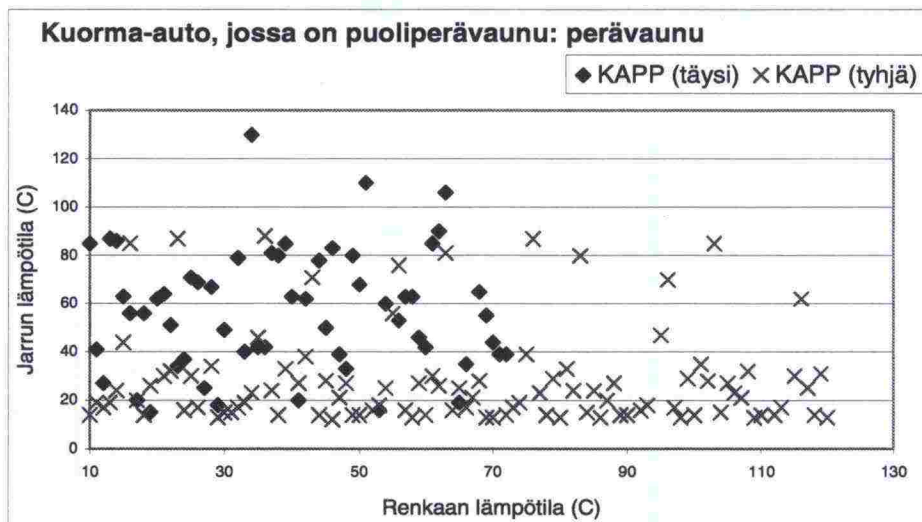
5.3.1 Kuvaajat



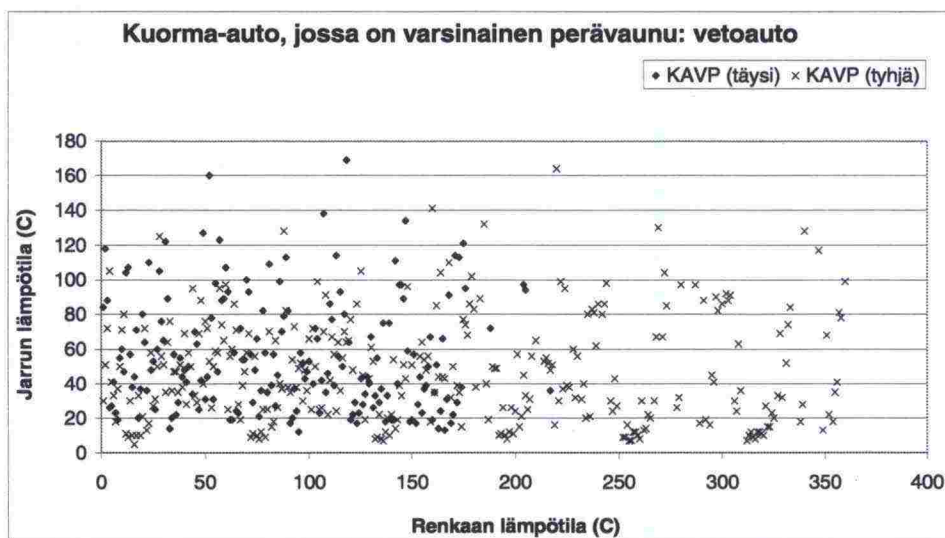
Kuva 9. Ilman perävaunua olevien kuorma-autojen jarrujen ja renkaiden lämpeneminen tyhjillä ja täysillä kuormilla. x merkitsee täyttä lastia ja ruutu, että kuorma-auto oli tyhjä.



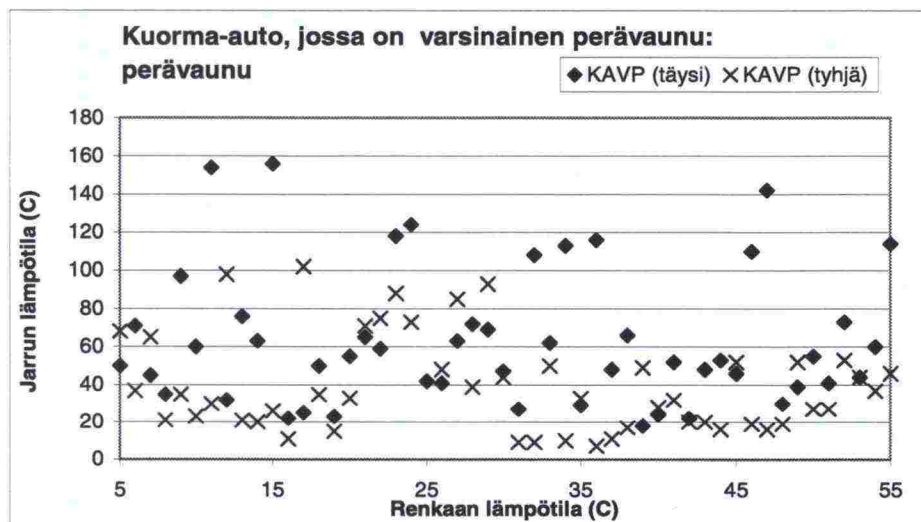
Kuva 10. Kuorma-autot, joissa on puoliperävaunu: vetoautojen jarrujen ja renkaiden lämpeneminen tyhjillä ja täysillä kuormilla.



Kuva 11. Kuorma-autot, joissa on puoliperävaunu: perävaunujen jarrujen ja renkaiden lämpeneminen tyhjillä ja täysillä kuormilla.



Kuva 12. Kuorma-autot, joissa on varsinainen perävaunu: vetoautojen jarrujen ja renkaiden lämpeneminen tyhjillä ja täysillä kuormilla.



Kuva 13. Kuorma-autot, joissa on varsinainen perävaunu: perävaunujen renkaiden ja jarrujen lämpötilan vertailu täysillä ja tyhjiillä kuormilla.

5.4 Rengaspaineet

5.4.1 Teoriaa

Renkaan ilmanpaine vaikuttaa myös renkaan vaimennusominaisuuksiin ja tiehen kohdistuviin voimiin. Kun renkaassa on liian pieni ilmanpaine, rengas taipuu normaalia enemmän, jolloin se lämpenee ja sen kestoikä pienenee. Tämä johtuu renkaan vierintävastuksen kasvamisesta rengaspaineen alentuessa. Alipaineinen rengas lisää myös polttoaineen kulutusta ja vaikeuttaa ajoneuvon ohjaamista.

Rengaspaine yhdessä kuormituksen kanssa vaikuttavaa renkaan painu- maan ja kosketusalaan tietä vasten. Rengaspaineen ollessa pieni kosketus- ala on suuri. Tällöin renkaan kulutuspinnan osaset kohtaavat tien pinnan ja irtoavat siitä jyrkässä kulmassa. Seurauksena on ns. "pyyhkäisyilmiö", jolloin kulutusosien suhteellinen liike on suurempi kuin suuremmalla paineella ja renkaan kuluminen on voimakkaampaa.

Raskaissa ajoneuvoissa rengaspaineet pitäisi valita ajoneuvon akseli- painojen mukaisesti ja samalla huomioida ajoneuvon käyttötarkoitus. Suuria paineita tulee käyttää, kun ajetaan suurilla nopeuksilla pidempää matkaa, pieniä taas ajettaessa esim. epätasaisella alustalla kuten maa-aines- kuljetuksissa.

Karkeasti voidaan ajatella, että rengaspaine on samaa luokkaa kuin paine, joka kohdistuu tien pintaan. Tien rakenteiden ja ajoneuvon ajo-ominais- suuksien kannalta parasta olisi oikean suuruinen rengaspaine. Suuri rengas- paine tuo mukanaan parempaa polttoainetaloutta ja jossakin määrin myös

parempaa renkaiden kestävyyttä mutta kasvattaa tiehen kohdistuvia voimia ja heikentää renkaan kosketusta tiehen.

Raskaissa ajoneuvoissa käytetään vetävillä ja kuormaa kantavilla akseleilla yleisesti paripyöriä. Paripyörissä akselin molemmilla puolilla on kaksi rengasta, jotka yhdessä kantavat akselille kohdistuvan kuormituksen. Näin tiehen kohdistuva pintapaine on pienempi, jolloin kuormitus tien pinnassa vähenee. Paripyörillä tulisi olla suurin piirtein sama rengaspaine, jolloin tiehen kohdistuva kuormitus jakautuisi tasaisemmin ja pintapaine pienenesi. Sama paine jakaa myös kuormituksen renkaiden kesken tasaisesti, mikä on renkaiden kulumisen ja kiinnityksen kannalta edullista. Myös ajovakavuuden kannalta olisi tähdellistä, että saman akselin renkailla olisi sama ilmanpaine.

Ajon aikana rengaspaine muuttuu renkaan lämpenemisen takia. Rengas lämpenee ajon aikana muodonmuutoksien, sivuttaisten ja pitkittäisten voimien sekä esimerkiksi jarruista tulevan lämmön myötä. Jos renkaan luisto tiehen nähden ei ole kuitenkaan kovin suuri, renkaan pintalämpötila pysyy hyvin lähellä tienpinnan lämpötilaa, koska kosketus tienpintaan ja ilmavirta jäähdyttävät rengasta. Renkaan rungon lämpötila sen sijaan nousee ajon aikana. Kun tien ja ilman lämpötila on noin +10 °C, normaalissa maatieajossa henkilöauton renkaan rungon lämpötila nousee noin +45 °C:een, ja myös talvella tilanne on samankaltainen: renkaan kulutuspinnan lämpötila on ajon aikana hyvin lähellä nollaa ja runko on selkeästi lämmin.

Heti kun ajoneuvo pysäytetään, alkaa lämpöä johtua renkaan rungosta kohti kulutuspintaa, ja joskus lämpöä johtuu renkaaseen myös jarruista vanteen kautta. Tällöin renkaan runko tietysti hieman jäähtyy luovuttaessaan lämpöä kulutuspinnalle. Talvella tämän voi havaita tuoreen lumen aikana: välittömästi auton pysähtyttyä kulutuspinnan uriin jäänyt lumi alkaa sulaa, vaikka olisi kylmäkin. Koska kumin lämmönjohtavuus on huono, lämmön tasoituminen kestää useita minutteja.

Ajoneuvon pysähtyttyä on siis normaalia, että rengas vielä lämpenee hieman muutaman minuutin ajan jäähdyttävän ilmavirran lakattua. Lämpeneminen johtuu pääasiallisesti renkaan rungosta ja jarruista johtuvasta lämmöstä. Näin ollen renkaan ja varsinkin vanteen lämpötilan kohoaminen lämmittää renkaassa olevaa ilmaa. Yksinkertaistaen voidaan sanoa, että renkaassa vallitsee *isokloorinen* olotilamuutos eli tilavuus ei muutu.

Kaasujen yleisen tilayhtälön mukaan:

$$pV = nRT,$$

jossa

p = paine

V = tilavuus (vakio)

T = lämpötila

n = moolimäärä (vakio)

R = moolinen kaasuvakio = 8,3145 J / (mol*K).

Kaavasta nähdään, että tilavuuden ollessa vakio lämpötilan nouseminen kasvattaa myös painetta.

Otetaan esimerkiksi tyypillinen kuorma-auton rengas, jonka koko on 315/80R22,5
alkuperäinen lämpötila = 20 °C = 293 K
uusi lämpötila = 40 °C = 313 K
alkuperäinen paine = 7,5 bar.

$$\begin{aligned}\text{Tällöin paineen muutos : } \Delta p &= p[2] - p[1] \\ &= p[1] * (T[2] / T[1] - 1) \\ &= 7,5 \text{ bar} * (313 \text{ K} / 293 \text{ K} - 1) \\ &= 0,51 \text{ bar}\end{aligned}$$

Edellä todettiin alipaineisen renkaan lämpenevän voimakkaasti. Tällöin toki myös renkaan paine nousee enemmän, mutta tämä ei kuitenkaan vielä riitä korjaamaan alipainetta.

Tulosten analysoinnin kannalta edellä kerrottu tarkoittaa sitä, että aineistosta on voitu käyttää vain niitä mittaustuloksia, joiden voidaan olettaa olevan ajallisesti hyvin läheltä sitä hetkeä, jolloin ajoneuvo on pysäytetty. Mittauselosteesta ei käy ilmi, onko mittaus tehty renkaan uran pohjalta vai palan pinnalta.

Lisätietoa:

Juurikkala Jussi. Autokirja. 1988

Stumpf Horst. Handbuch der Reifentechnik. Springer Technik 1997. 210 s.

Reimpell Jörn, Sponagel Peter. Fahrwerktechnik: Reifen und Räder. Vogel 1981. 266 s.

Mitschke Manfred. Dynamik der Kraftfahrzeuge. 3. painos. 1997. 326 s.

The Tire Pavement Interface symposium 5-6 June 1985. ASTM 929. ASTM 1986. 310 s.

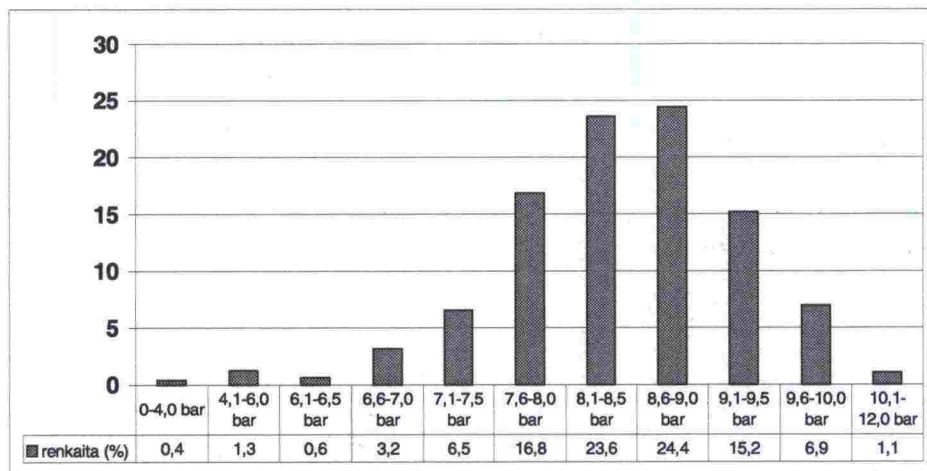
5.4.2 Mittaustulokset

Mittauksissa saatiin varsin kattava käsitys kuorma-autojen rengaspaineista ja myös paripyörien keskinäisistä rengaspaine-eroista. Mittaustuloksista laadittiin yhteenvedot (ks. liite 3) ja jakaumakuvat (ks. luku 5.4.3). Jakaumakuvissa on tarkasteltu rengaspaineita ryhmiteltynä renkaan leveyden mukaan. Renkaat on jaettu yksittäisrenkaisiin, joiden leveys on joko yli tai alle 350 mm, sekä paripyöriin. Jakaumakuvissa on mukana myös vertailu paripyörien rengaspaineista.

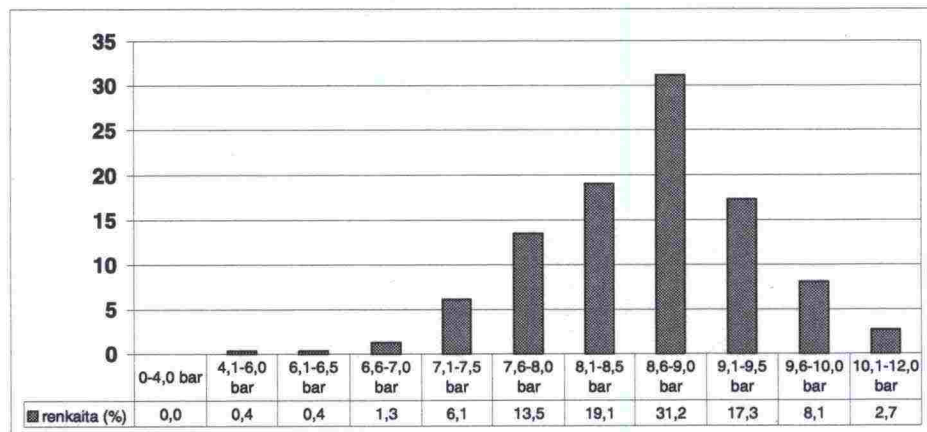
Aineiston perusteella noin 80 % rengaspaineista asettuu välille 7,0–9,5 bar riippuen renkaan leveydestä ja siitä, onko kyseessä paripyörä vai yksittäispyörä. Loput renkaat ovat joko huomattavan vajaapaineisia tai hieman yli-

paineisia. Yksittäispyörissä rengaspaineet ovat pääsääntöisesti korkeampia kuin paripyörissä. Alle 350 mm leveissä yksittäisrenkaissa keskimääräinen rengaspaine oli 8,4 bar, yli 350 mm leveissä 8,6 bar ja paripyörissä 7,9 bar. Kaikkiaan 42 %:ssa paripyöristä ulomman ja sisemmän renkaan paine-ero oli vähemmän kuin 0,5 bar ja noin 92 %:ssa tapauksista enintään 2 bar. Tämä on positiivinen havainto, koska paripyörissä on tärkeää, että paine-ero renkaiden välillä on pieni. Tällöin pyörät kantavat kuormaa tasaisesti ja niiden tiehen kohdistama kuormitus jakautuu tasaisemmin. Paripyörien pieni paine-ero on myös sikäli positiivinen havainto, että sisemmän renkaan ilmanpaineen tarkistaminen on vaikeaa ja olisi voinut olettaa, että tämän tähden paine-erot olisivat olleet suurempia ja yleisempiä. Paripyörissä erityisesti sisemmän renkaan ilmanpaineen tarkistaminen on vaikeaa. Paripyörissä oli suhteellisesti enemmän pienipaineisia renkaita kuin yksittäisrenkaissa.

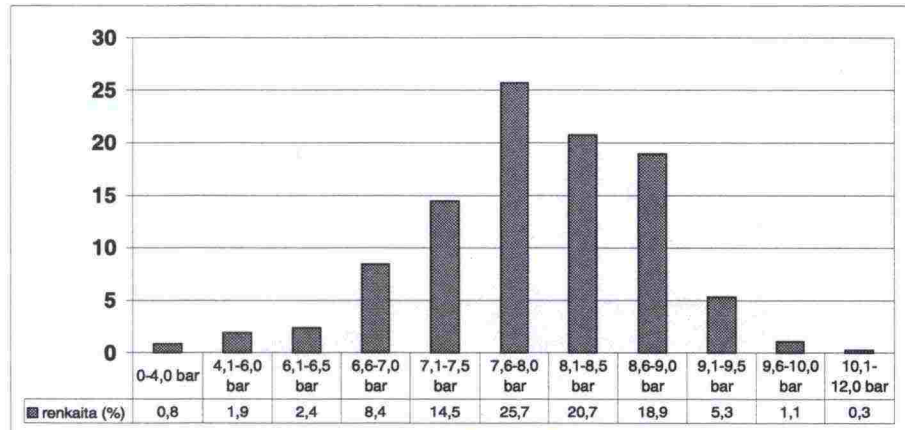
5.4.3 Kuvaajat



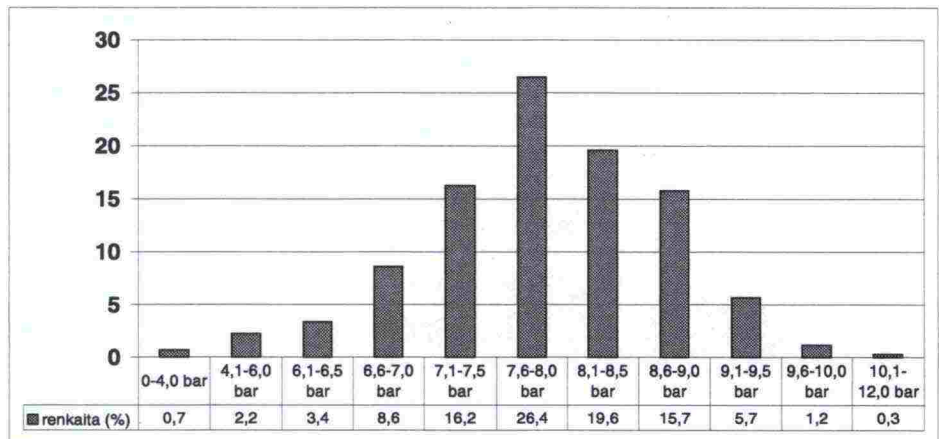
Kuva 14. Rengaspainejakaumat yksittäisrenkaista, joiden leveys on alle 350 mm (478 kpl). Keskimääräinen rengaspaine 8,4 bar.



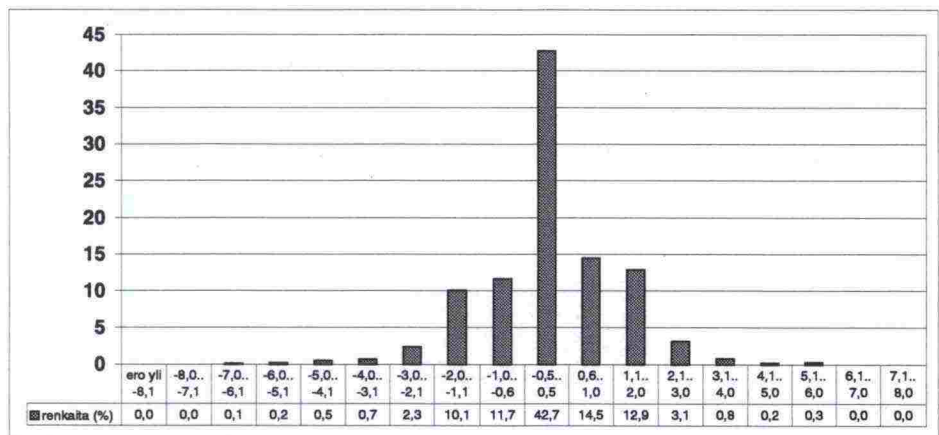
Kuva 15. Rengaspainejakaumat yksittäisrenkaista, joiden leveys on vähintään 350 mm (558 kpl). Keskimääräinen rengaspaine 8,6 bar.



Kuva 16. Rengaspainejakaumat ulommista parirenkaista (yht. 1110 kpl / mitattu 1105 kpl). Keskimääräinen rengaspaine 7,9 bar.



Kuva 17. Rengaspainejakaumat sisemmistä paripyöristä (yht. 1110 kpl / mitattu 1036 kpl). Keskimääräinen rengaspaine 7,9 bar.



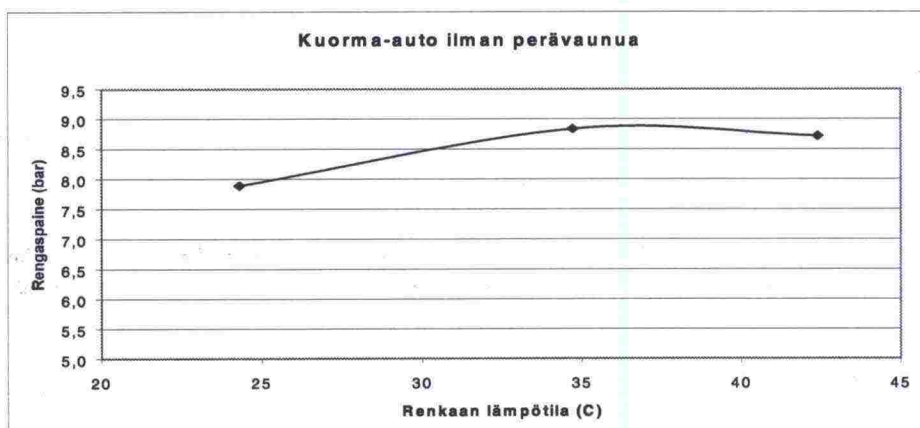
Kuva 18. Ulompien ja sisempien paripyörien rengaspaineiden erotusten jakauma. Keskimääräinen rengaspaine-ero 0,03 bar

5.5 Aineiston lajittelu renkaiden lämpötilan mukaan

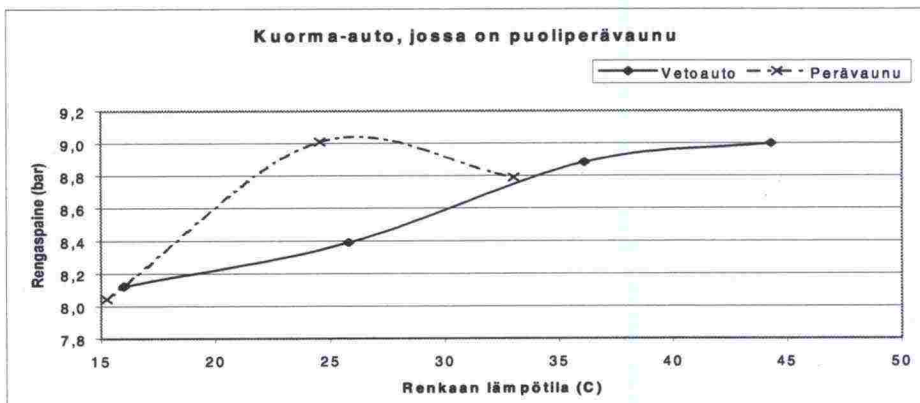
Aineisto lajiteltiin myös renkaiden lämpötilojen mukaan. Lajittelu tapahtui jälleen ensimmäisen akselin vasemman puolen renkaan perusteella. Renkaiden lämpötiloja ja paineita tarkasteltiin kuvaajien avulla, joista etsittiin renkaan lämpötilan ja sen paineen välillä olevaa riippuvuutta.

Kuvaajat tehtiin laskemalla jaotelluista lämpötiloista ja rengaspaineista keskiarvot, jotta mahdolliset teknisistä vioista johtuvat poikkeavuudet saatiin karsittua. Kuvaajista voi havaita, että rengaspaine kasvaa renkaan lämpötilan noustessa, mutta joissakin tapauksissa nousu taittuu aivan käyrän lopussa. Tämä taittuminen on kuitenkin niin vähäistä, että se johtunee otoksen pienuudesta.

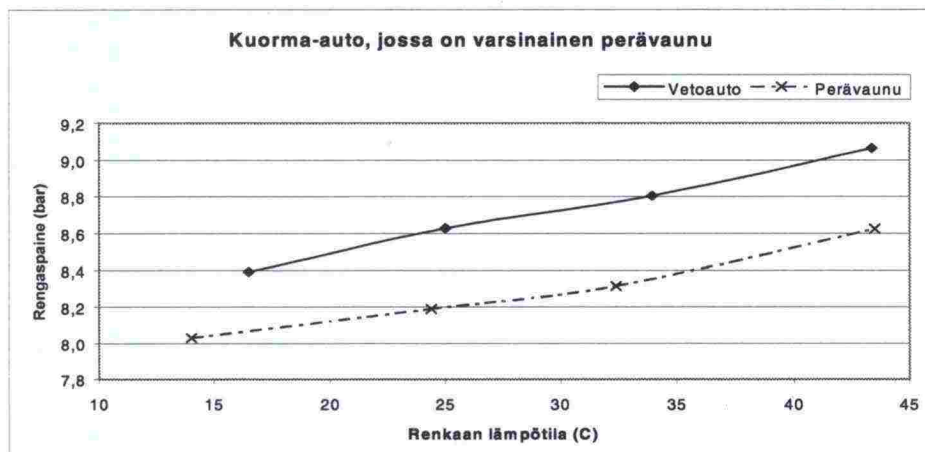
5.5.1 Kuvaajat



Kuva 19. Perävaunuttomien kuorma-autojen renkaiden lämpötilan ja rengaspaineen välinen yhteys.



Kuva 20. Puoliperävaunullisten kuorma-autojen renkaiden lämpötilan ja rengaspaineen välinen yhteys.



Kuva 21. Varsinaisella perävaunulla varustettujen kuorma-autojen renkaiden lämpötilan ja rengaspaineen välinen yhteys.

6 PÄÄTELMÄT

Tällainen kenttätutkimus on työläs. Vaikka noin kahden sadan kolmeen eri kategoriaan jaetun kuorma-auton tulokset eivät vielä mahdollistakaan kovin syvällisiä päätelmiä, voidaan tuloksia pitää kuitenkin suuntaa-antavina. Lisäksi otantamenetelmästä saatu kokemus on hyödyksi vastaavan tyyppisissä tutkimuksissa tulevaisuudessa. Jotta tutkimuksesta saataisiin täysi hyöty irti, olisi myös mittauspaikoista kerättävä mahdollisimman tarkat tiedot. Renkaiden ja jarrujen lämpötiloihin vaikuttaa nimittäin se, onko mittauspaikka moottoritienvarrella oleva levähdysalue vai taajama-alueella oleva keskusrastotyyppinen lastausalue. Lisäksi ajoneuvon pysähtymisen ja mittaushetken välisen ajan tulee olla vakio

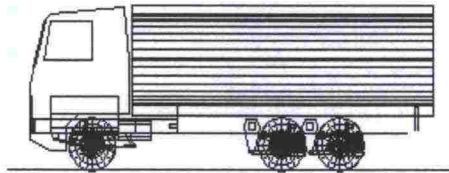
Tutkimuksen perusteella voidaan todeta rengaspaineiden olevan kohtuullisen hyvin oikealla tasolla. Noin 80% rengaspaineista asettuu välille 7,0–9,5 bar sen mukaan, miten leveästä renkaasta on kyse ja tarkastellaanko paripyörää vai yksittäispyörää. Loput ovat joko huomattavan vajaapaineisia tai hieman korkeapaineisia. Paripyörissä oli suhteellisesti enemmän pienipaineisia renkaita kuin yksittäispyörissä. Kaikkiaan 42 %:lla paripyöristä paine-ero sisemmän ja ulomman renkaan välillä oli vähemmän kuin 0,5 bar ja noin 92%:lla vähemmän kuin 2 bar. Tämä on positiivinen havainto. Paripyörissä on tärkeää, että paine-ero renkaiden välillä on pieni tiehen kohdistuvan kuorman ja renkaalle kohdistuvan rasituksen tasaisen jakautumisen tähden.

Renkaat olivat urasyvyyden suhteen yleisesti hyvässä kunnossa. Kuitenkin esimerkiksi varsinaisen perävaunun vetoautoista 5,1 %:ssa oli vähintään kolme laitonta tai laittoman rajalla olevaa rengasta. Vaikka tulosta voidaan pitää hyvänä niin vertailu norjalaisen ajoneuvoyhdistelmätutkimuksen tulok-

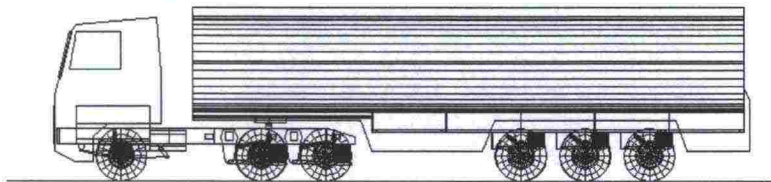
siin osoitti, että suomalaisten kuorma-autojen ja niiden perävaunujen renkaat olivat hieman heikommassa kunnossa.

Kaikkia renkaiden ja jarrujen lämpötilojen mittaustuloksia ei analyysissä valitettavasti voitu hyödyntää, mikä johtuu ajoneuvojen pitkistä seisona-ajoista ennen mittausta. Lisäksi mittauksissa ei ollut eroteltu, oliko akselilla levy- vai rumpujarrut. Yleisesti voidaan kuitenkin todeta, että lämpötilat olivat hyvällä tasolla eikä suuria akseli- tai pyöräkohtaisia poikkeamia esiintynyt. Esimerkiksi vain kuudessa tapauksessa kaikista mitatuista ajoneuvoista ensimmäisen akselin jarrujen välillä oli yli 40°C lämpötilaero. Kuljettajan ajotavalla on merkittävä vaikutus jarrujen ja renkaiden lämpötiloihin. Lisäksi tavarankuljetukseen tarkoitetuilla ajoneuvoilla kokonaispainon vaihtelu kuormauksen kautta on suuri. Vaikka kuormaus olikin merkitty aineistoon, yksityiskohtaisempien paikan ja kuorman suhteen vertailukelpoisten ryhmien löytäminen ei aineiston perusteella ollut mahdollista.

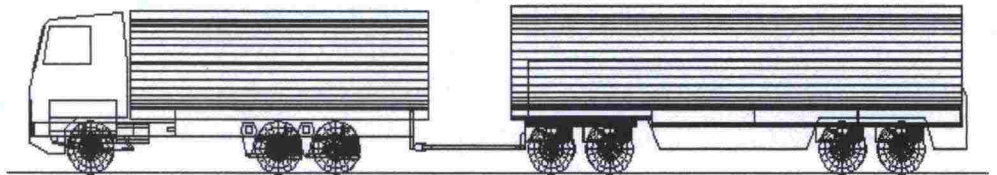
LIITE 1: RAPORTISSA KÄYTETTÄVÄT LYHENTEET



KAIP = Ilman perävaunua oleva kuorma-auto



KAPP = Kuorma-auto, jossa on puoliperävaunu



KAVP = Kuorma-auto, jossa on varsinainen perävaunu

LIITE 2: KENTTÄLOMAKKEET

1. VETOAUTO

Merkki ja malli:	Rek. No.	Maa:
Kaikki harmaat kohdat täytetään	Kuorma-auto ilman perävaunua	KAIP
Mittauspaikka:	Kuorma-auto varustettu varsinaisella perävaunulla	KAVP
	Kuorma-auto varustettu puoliperävaunulla	KAPP
Pvm:	Käyttötarkoitus (ympäroi oikea)	Raaka-ainek / Maa-ainek / Polttoainek
Mittajat:		Muu (mikä) :
	Kuormausaste (ympäroi oikea)	Täysi / Puolitäysi / Tyhjä
	Mitattu (ympäroi oikea)	Heti ajosta / Pysäköitynä _____ minuuttia

Akseli 1

Jousitus Lehti / Paraabeli / Ilma
 Rengasmerkki ja malli
 Koko
 Alkuperäinen / Pinnoitettu
 Kulutuspinnan syvyys
 Rungon kunto (0 = huono)
 Rengaspaine
 Renkaan lämpötila
 Jarrun lämpötila

Ajoneuvon yleiskunto: 0 1 2 3 (0 = surkea, 3 = erinomainen) Muuta:		Pultit
L / P / I		
A / P	vetävä?	A / P
mm		mm
0 1 2 3	Huom ! Merkitse vetävät akselit rastittamalla ko. harmaa palkki	0 1 2 3
bar	Huom ! Merkitse teliakseli (vedä ko. akselit yhteen kynällä)	bar
C		C
C		C

Akseli 2

Asento Ylhäällä / Alhaalla
 Jousitus Lehti / Paraabeli / Ilma
 Rengasmerkki ja malli
 Koko
 Alkuperäinen / Pinnoitettu
 Kulutuspinnan syvyys
 Rungon kunto (0 = huono)
 Rengaspaine
 Renkaan lämpötila
 Jarrun lämpötila

Huom ! Jos jokin tarkastus ei onnistu: selitys miksi

Y / A	Pultit		Pultit
L / P / I			
A / P	A / P	vetävä?	A / P
mm	mm		mm
0 1 2 3	0 1 2 3		0 1 2 3
bar	bar		bar
C	C		C
C			C

Akseli 3

Asento Ylhäällä / Alhaalla
 Jousitus Lehti / Paraabeli / Ilma
 Rengasmerkki ja malli
 Koko
 Alkuperäinen / Pinnoitettu
 Kulutuspinnan syvyys
 Rungon kunto (0 = huono)
 Rengaspaine
 Renkaan lämpötila
 Jarrun lämpötila

Y / A	Pultit		Pultit
L / P / I			
A / P	A / P	vetävä?	A / P
mm	mm		mm
0 1 2 3	0 1 2 3		0 1 2 3
bar	bar		bar
C	C		C
C			C

Akseli 4

Asento Ylhäällä / Alhaalla
Jousitus Lehti / Paraabeli /
Ilma
Rengasmerkki ja malli

Koko

Alkuperäinen / Pinnoitettu

Kulutuspinnan syvyys

Rungon kunto (0 = huono)

Rengaspaine

Renkaan lämpötila

Jarrun lämpötila

Y / A	Pultit
L / P / I	
A / P	A / P
mm	mm
0 1 2 3	0 1 2 3
bar	bar
C	C
C	

vetävä?

	Pultit
A / P	A / P
mm	mm
0 1 2 3	0 1 2 3
bar	bar
C	C
	C

Akseli 5

Asento Ylhäällä / Alhaalla
Jousitus Lehti / Paraabeli /
Ilma
Rengasmerkki ja malli

Koko

Alkuperäinen / Pinnoitettu

Kulutuspinnan syvyys

Rungon kunto (0 = huono)

Rengaspaine

Renkaan lämpötila

Jarrun lämpötila

Y / A	Pultit
L / P / I	
A / P	A / P
mm	mm
0 1 2 3	0 1 2 3
bar	bar
C	C
C	

vetävä?

	Pultit
A / P	A / P
mm	mm
0 1 2 3	0 1 2 3
bar	bar
C	C
	C

2. PERÄVAUNU**Kaikki harmeat kohdat täytetään**

Perävaunun yleiskunto:

0 1 2 3

(0 = surkea, 3=erinomainen)

Merkki ja malli:	Rek. No.	Maa:
Puoliperävaunu PPV	Muuta:	
Varsinainen perävaunu VPV		
Keskiakselivaunu KAV		
Käyttötarkoitus (ympäroi oikea)	Raaka-ainek / Maa-ainek / Polttoainek	
	Muu (mikä) :	
Kuormausaste (ympäroi oikea)	Täysi / Puolitäysi / Tyhjä	

Akseli 1Jousitus **Lehti / Paraabeli / Ilma**

Rengasmerkki ja malli

Koko

Alkuperäinen / Pinnoitettu

Kulutuspinnan syvyys

Rungon kunto (0 = huono)

Rengaspaine

Renkaan lämpötila

Jarrun lämpötila

	Pultit		Pultit
L / P / I			
A / P	A / P	A / P	A / P
mm	mm	mm	mm
0 1 2 3	0 1 2 3	0 1 2 3	0 1 2 3
bar	bar	bar	bar
C	C	C	C
C			C

Akseli 2Asento **Ylhäällä / Alhaalla**Jousitus **Lehti / Paraabeli / Ilma**

Rengasmerkki ja malli

Koko

Alkuperäinen / Pinnoitettu

Kulutuspinnan syvyys

Rungon kunto (0 = huono)

Rengaspaine

Renkaan lämpötila

Jarrun lämpötila

	Pultit		Pultit
Y / A			
L / P / I			
A / P	A / P	A / P	A / P
mm	mm	mm	mm
0 1 2 3	0 1 2 3	0 1 2 3	0 1 2 3
bar	bar	bar	bar
C	C	C	C
C			C

Akseli 3Asento **Ylhäällä / Alhaalla**Jousitus **Lehti / Paraabeli / Ilma**

Rengasmerkki ja malli

Koko

Alkuperäinen / Pinnoitettu

Kulutuspinnan syvyys

Rungon kunto (0 = huono)

Rengaspaine

Renkaan lämpötila

Jarrun lämpötila

	Pultit		Pultit
Y / A			
L / P / I			
A / P	A / P	A / P	A / P
mm	mm	mm	mm
0 1 2 3	0 1 2 3	0 1 2 3	0 1 2 3
bar	bar	bar	bar
C	C	C	C
C			C

Akseli 4

Asento Ylhäällä / Alhaalla
Jousitus Lehti / Paraabeli /
Ilma
Rengasmerkki ja malli
Koko
Alkuperäinen / Pinnoitettu
Kulutuspinnan syvyys
Rungon kunto (0 = huono)
Rengaspaine
Renkaan lämpötila
Jarrun lämpötila

Y / A	Pultit
L / P / I	
A / P	A / P
mm	mm
0 1 2 3	0 1 2 3
bar	bar
C	C
C	

	Pultit
A / P	A / P
mm	mm
0 1 2 3	0 1 2 3
bar	bar
C	C
	C

Akseli 5

Asento Ylhäällä / Alhaalla
Jousitus Lehti / Paraabeli /
Ilma
Rengasmerkki ja malli
Koko
Alkuperäinen / Pinnoitettu
Kulutuspinnan syvyys
Rungon kunto (0 = huono)
Rengaspaine
Renkaan lämpötila
Jarrun lämpötila

Y / A	Pultit
L / P / I	
A / P	A / P
mm	mm
0 1 2 3	0 1 2 3
bar	bar
C	C
C	

	Pultit
A / P	A / P
mm	mm
0 1 2 3	0 1 2 3
bar	bar
C	C
	C

LIITE 3 : AINEISTOSTA LAADITUT YHTEENVETOTAULUKOT

Liitteenä 3 olevia taulukoita luetaan seuraavasti: Rengaspaine 4,0 bar / 0 kpl tarkoittaa sitä, että alueella 0 - 4,0 bar ei ole ollut yhtään mitattua rengasta. Vastaavasti 7,5 bar / 2 kpl tarkoittaa sitä, että alueella 7,1 - 7,5 bar on ollut kaksi mitattua rengasta. Vastaavasti kulutuspinnan kohdalla 8 mm / 10 kpl tarkoittaa sitä, että alueella 6,1 mm - 8,0 mm on ollut kymmenen mitattua rengasta (kulutuspinnan syvyys on ilmoitettu kokonaislukuina).

Kuorma-auto ilman perävaunua, yhteenveto

Akseli 1 vasen										41 kpl	
rengaspaine / bar		kulutuspinnan syvyys / mm		rungon kunto / 0=huono, 3=erinomainen		alkuperäinen / pinnoitettu					
kpl		kpl		kpl		kpl		kpl		kpl	
4,0	0	1	0	0	0	a	39				
6,0	0	2	0	1	2	p	2				
6,5	0	4	1	2	30			41			
7,0	0	6	5	3	9						
7,5	2	8	10					41			
8,0	7	10	12								
8,5	8	12	9								
9,0	17	14	2								
9,5	6	16	2								
10,0	1	18	0								
12,0	0	20	0								
41		41									

Akseli 1 oikea										41 kpl	
rengaspaine / bar		kulutuspinnan syvyys / mm		rungon kunto / 0=huono, 3=erinomainen		alkuperäinen / pinnoitettu					
kpl		kpl		kpl		kpl		kpl		kpl	
4,0	0	1	0	0	0	a	39				
6,0	0	2	0	1	0	p	2				
6,5	0	4	1	2	39			41			
7,0	1	6	3	3	2						
7,5	4	8	7					41			
8,0	5	10	9								
8,5	9	12	13								
9,0	10	14	7								
9,5	10	16	1								
10,0	1	18	0								
12,0	0	20	0								
40		41									

Akseli 2 vasen										41 kpl					
Akseli ulko		Akseli 2 vasen sisä		Akseli 2 vasen sisä		Akseli 2 vasen sisä		Akseli 2 vasen sisä		Akseli 2 vasen sisä					
kpl		kpl		kpl		kpl		kpl		kpl					
4,0	0	1	0	0	0	a	22	4,0	0	1	0	0	0	a	20
6,0	1	2	0	1	5	p	19	6,0	1	2	0	1	4	p	16
6,5	0	4	0	2	28			6,5	3	4	0	2	25		36
7,0	5	6	3	3	8			7,0	1	6	3	3	7		
7,5	5	8	6					7,5	6	8	11				36
8,0	10	10	10					8,0	9	10	5				
8,5	8	12	11					8,5	8	12	8				
9,0	8	14	5					9,0	5	14	6				
9,5	4	16	3					9,5	2	16	3				
10,0	0	18	2					10,0	0	18	1				
12,0	0	20	1					12,0	0	20	1				
41		41		35		36									

Akseli 2 vasen										36 kpl					
Akseli ulko		Akseli 2 vasen sisä		Akseli 2 vasen sisä		Akseli 2 vasen sisä		Akseli 2 vasen sisä		Akseli 2 vasen sisä					
kpl		kpl		kpl		kpl		kpl		kpl					
4,0	0	1	0	0	0	a	18	4,0	0	1	0	0	0	a	21
6,0	0	2	0	1	7	p	18	6,0	1	2	0	1	7	p	20
6,5	2	4	4	2	26			6,5	2	4	2	2	31		41
7,0	1	6	1	3	3			7,0	1	6	1	3	3		
7,5	5	8	7					7,5	6	8	12				41
8,0	9	10	4					8,0	9	10	6				
8,5	7	12	8					8,5	8	12	3				
9,0	7	14	7					9,0	6	14	8				
9,5	2	16	3					9,5	4	16	4				
10,0	0	18	1					10,0	0	18	1				
12,0	0	20	1					12,0	0	20	1				
33		36		40		41									

Akseli 2 oikea sisä										36 kpl					
Akseli ulko		Akseli 2 oikea sisä		Akseli 2 oikea sisä		Akseli 2 oikea sisä		Akseli 2 oikea sisä		Akseli 2 oikea sisä					
kpl		kpl		kpl		kpl		kpl		kpl					
4,0	0	1	0	0	0	a	1	4,0	0	1	0	0	0	a	5
6,0	0	2	0	1	4	p	7	6,0	0	2	0	1	3	p	12
6,5	0	4	0	2	4			6,5	0	4	3	2	14		17
7,0	0	6	1	3	0			7,0	1	6	4	3	0		
7,5	1	8	3					7,5	0	8	3				17
8,0	1	10	3					8,0	4	10	4				
8,5	3	12	1					8,5	7	12	1				
9,0	2	14	0					9,0	5	14	1				
9,5	0	16	0					9,5	0	16	0				
10,0	0	18	0					10,0	0	18	0				
12,0	0	20	0					12,0	0	20	0				
7		8		17		17									

Akseli 3 oikea sisä										8 kpl					
Akseli ulko		Akseli 3 oikea sisä		Akseli 3 oikea sisä		Akseli 3 oikea sisä		Akseli 3 oikea sisä		Akseli 3 oikea sisä					
kpl		kpl		kpl		kpl		kpl		kpl					
4,0	0	1	0	0	0	a	0	4,0	0	1	0	0	0	a	0
6,0	0	2	0	1	0	p	0	6,0	0	2	0	1	0	p	0
6,5	0	4	0	2	0			6,5	0	4	0	2	0		0
7,0	0	6	0	3	0			7,0	0	6	0	3	0		0
7,5	0	8	0					7,5	0	8	0				0
8,0	0	10	0					8,0	0	10	0				0
8,5	0	12	0					8,5	0	12	0				0
9,0	0	14	0					9,0	0	14	0				0
9,5	0	16	0					9,5	0	16	0				0
10,0	0	18	0					10,0	0	18	0				0
12,0	0	20	0					12,0	0	20	0				0
7		8		0		0									

Akseli 3 oikea ulko										17 kpl					
Akseli ulko		Akseli 3 oikea ulko		Akseli 3 oikea ulko		Akseli 3 oikea ulko		Akseli 3 oikea ulko		Akseli 3 oikea ulko					
kpl		kpl		kpl		kpl		kpl		kpl					
4,0	0	1	0	0	0	a	5	4,0	0	1	0	0	0	a	0
6,0	0	2	0	1	3	p	12	6,0	0	2	0	1	0	p	0
6,5	0	4	3	2	14			6,5	0	4	3	2	0		0
7,0	1	6	4	3	0			7,0	0	6	0	3	0		0
7,5	0	8	3					7,5	0	8	0				0
8,0	4	10	4					8,0	0	10	0				0
8,5	7	12	1					8,5	0	12	0				0
9,0	5	14	1					9,0	0	14	0				0
9,5	0	16	0					9,5	0	16	0				0
10,0	0	18	0					10,0	0	18	0				0
12,0	0	20	0					12,0	0	20	0				0
17		17		0		0									

Akseli 4 vasen										0 kpl					
Akseli ulko		Akseli 4 vasen sisä		Akseli 4 vasen sisä		Akseli 4 vasen sisä		Akseli 4 vasen sisä		Akseli 4 vasen sisä					
kpl		kpl		kpl		kpl		kpl		kpl					
4,0	0	1	0	0	0	a	0	4,0	0	1	0	0	0	a	0
6,0	0	2	0	1	0	p	0	6,0	0	2	0	1	0	p	0
6,5	0	4	0	2	0			6,5	0	4	0	2	0		0
7,0	0	6	0	3	0			7,0	0	6	0	3	0		0
7,5	0	8	0					7,5	0	8	0				0
8,0	0	10	0					8,0	0	10	0				0
8,5	0	12	0					8,5	0	12	0				0
9,0	0	14	0					9,0	0	14	0				0
9,5	0	16	0					9,5	0	16	0				0
10,0	0	18	0					10,0	0	18	0				0
12,0	0	20	0					12,0	0	20	0				0
0		0		0		0									

Akseli 4 vasen										0 kpl					
Akseli ulko		Akseli 4 vasen sisä		Akseli 4 vasen sisä		Akseli 4 vasen sisä		Akseli 4 vasen sisä		Akseli 4 vasen sisä					
kpl		kpl		kpl		kpl		kpl		kpl					
4,0	0	1	0	0	0	a	0	4,0	0	1	0	0	0	a	0
6,0	0	2	0	1	0	p	0	6,0	0	2	0	1	0	p	0
6,5	0	4	0	2	0			6,5	0	4	0	2	0		0
7,0	0	6	0	3	0			7,0	0	6	0	3	0		0
7,5	0	8	0					7,5	0	8	0				0
8,0	0	10	0					8,0	0	10	0				0
8,5	0	12	0					8,5	0	12	0				0
9,0	0	14	0					9,0	0	14	0				0
9,5	0	16	0					9,5	0	16	0				0
10,0	0	18	0					10,0	0	18	0				0
12,0	0	20	0					12,0	0	20	0				0
0		0		0		0									

Akseli 4 oikea sisä										0 kpl					
Akseli ulko		Akseli 4 oikea sisä		Akseli 4 oikea sisä		Akseli 4 oikea sisä		Akseli 4 oikea sisä		Akseli 4 oikea sisä					
kpl		kpl		kpl		kpl		kpl		kpl					
4,0	0	1	0	0	0	a	0	4,0	0	1	0	0	0	a	0
6,0	0	2	0	1	0	p	0	6,0	0	2	0	1	0	p	0
6,5	0	4	0	2	0			6,5	0	4	0	2	0		0
7,0	0	6	0	3	0			7,0	0	6	0	3	0		0
7,5	0	8	0					7,5	0	8	0				0
8,0	0	10	0					8,0	0	10	0				0
8,5	0	12	0					8,5	0	12	0				0
9,0	0	14	0					9,0	0	14	0				0
9,5	0	16	0					9,5	0	16	0				0
10,0	0	18	0					10,0	0	18	0				0
12,0	0	20	0					12,0	0	20	0				0

Puoliperävaunun vetoauto, yhteenveto

Akseli 1 vasen 41 kpl				Akseli 1 oikea 41 kpl			
renkaspaine / bar	kpl	kulutuspinnan syvyys / mm	rungon kunto / 0=huono, 3=erinomainen	alkuperäinen / pinnoitettu	renkaspaine / bar	kpl	kulutuspinnan syvyys / mm
4,0	0	1	0	a	39	4,0	0
6,0	0	2	0	p	2	6,0	0
6,5	0	4	1	2	30	6,5	0
7,0	0	6	5	3	9	7,0	1
7,5	2	8	10	41	7,5	4	8
8,0	7	10	12	41	8,0	5	10
8,5	8	12	9	41	8,5	9	12
9,0	17	14	2	41	9,0	10	14
9,5	6	16	2	41	9,5	10	16
10,0	1	18	0	41	10,0	1	18
12,0	0	20	0	41	12,0	0	20

Akseli 2 vasen 41 kpl				Akseli 2 vasen sisä 36 kpl			
renkaspaine / bar	kpl	kulutuspinnan syvyys / mm	rungon kunto / 0=huono, 3=erinomainen	alkuperäinen / pinnoitettu	renkaspaine / bar	kpl	kulutuspinnan syvyys / mm
4,0	0	1	0	a	22	4,0	0
6,0	1	2	0	p	19	6,0	1
6,5	0	4	0	2	28	6,5	3
7,0	5	6	3	3	8	7,0	1
7,5	5	8	6	41	7,5	6	8
8,0	10	10	10	41	8,0	9	10
8,5	8	12	11	41	8,5	8	12
9,0	8	14	5	41	9,0	5	14
9,5	4	16	3	41	9,5	2	16
10,0	0	18	2	41	10,0	0	18
12,0	0	20	1	41	12,0	0	20

Akseli 2 oikea 41 kpl				Akseli 2 oikea sisä 36 kpl			
renkaspaine / bar	kpl	kulutuspinnan syvyys / mm	rungon kunto / 0=huono, 3=erinomainen	alkuperäinen / pinnoitettu	renkaspaine / bar	kpl	kulutuspinnan syvyys / mm
4,0	0	1	0	a	18	4,0	0
6,0	0	2	0	p	18	6,0	0
6,5	2	4	4	2	26	6,5	2
7,0	1	6	1	3	3	7,0	1
7,5	5	8	7	36	7,5	5	8
8,0	9	10	4	36	8,0	7	10
8,5	7	12	8	36	8,5	7	12
9,0	7	14	7	36	9,0	7	14
9,5	2	16	3	36	9,5	2	16
10,0	0	18	1	36	10,0	0	18
12,0	0	20	1	36	12,0	0	20

Akseli 2 oikea ulko 41 kpl				Akseli 3 vasen 17 kpl			
renkaspaine / bar	kpl	kulutuspinnan syvyys / mm	rungon kunto / 0=huono, 3=erinomainen	alkuperäinen / pinnoitettu	renkaspaine / bar	kpl	kulutuspinnan syvyys / mm
4,0	0	1	0	a	21	4,0	0
6,0	1	2	0	p	20	6,0	0
6,5	2	4	2	2	31	6,5	0
7,0	2	6	4	3	3	7,0	1
7,5	6	8	12	41	7,5	2	8
8,0	11	10	6	41	8,0	4	10
8,5	8	12	3	41	8,5	4	12
9,0	6	14	8	41	9,0	5	14
9,5	4	16	4	41	9,5	1	16
10,0	0	18	1	41	10,0	0	18
12,0	0	20	1	41	12,0	0	20

Akseli 3 oikea 17 kpl				Akseli 4 vasen 0 kpl			
renkaspaine / bar	kpl	kulutuspinnan syvyys / mm	rungon kunto / 0=huono, 3=erinomainen	alkuperäinen / pinnoitettu	renkaspaine / bar	kpl	kulutuspinnan syvyys / mm
4,0	0	1	0	a	5	4,0	0
6,0	0	2	0	p	12	6,0	0
6,5	0	4	3	2	14	6,5	0
7,0	1	6	4	3	0	7,0	0
7,5	0	8	3	17	7,5	0	8
8,0	4	10	4	17	8,0	0	10
8,5	7	12	1	17	8,5	0	12
9,0	5	14	1	17	9,0	0	14
9,5	0	16	0	17	9,5	0	16
10,0	0	18	0	17	10,0	0	18
12,0	0	20	0	17	12,0	0	20

Akseli 4 oikea 0 kpl				Akseli 4 vasen sisä 0 kpl			
renkaspaine / bar	kpl	kulutuspinnan syvyys / mm	rungon kunto / 0=huono, 3=erinomainen	alkuperäinen / pinnoitettu	renkaspaine / bar	kpl	kulutuspinnan syvyys / mm
4,0	0	1	0	a	0	4,0	0
6,0	0	2	0	p	0	6,0	0
6,5	0	4	0	2	0	6,5	0
7,0	0	6	0	3	0	7,0	0
7,5	0	8	0	0	0	7,5	0
8,0	0	10	0	0	0	8,0	0
8,5	0	12	0	0	0	8,5	0
9,0	0	14	0	0	0	9,0	0
9,5	0	16	0	0	0	9,5	0
10,0	0	18	0	0	0	10,0	0
12,0	0	20	0	0	0	12,0	0

Akseli 4 oikea ulko 0 kpl				Akseli 4 vasen sisä 0 kpl			
renkaspaine / bar	kpl	kulutuspinnan syvyys / mm	rungon kunto / 0=huono, 3=erinomainen	alkuperäinen / pinnoitettu	renkaspaine / bar	kpl	kulutuspinnan syvyys / mm
4,0	0	1	0	a	0	4,0	0
6,0	0	2	0	p	0	6,0	0
6,5	0	4	0	2	0	6,5	0
7,0	0	6	0	3	0	7,0	0
7,5	0	8	0	0	0	7,5	0
8,0	0	10	0	0	0	8,0	0
8,5	0	12	0	0	0	8,5	0
9,0	0	14	0	0	0	9,0	0
9,5	0	16	0	0	0	9,5	0
10,0	0	18	0	0	0	10,0	0
12,0	0	20	0	0	0	12,0	0

Puoliperävaunu, yhteenveto

Akseli 1 vasen ulko 99 kpl 4,0 0 1 4 0 0 a 82 6,0 1 2 4 1 25 p 37 6,5 1 4 10 2 59 7,0 2 6 9 3 15 7,5 15 8 10 8,0 23 10 24 8,5 18 12 20 9,0 30 14 12 9,5 9 16 6 10,0 0 18 0 12,0 0 20 0 99 99	Akseli 1 vasen sisä 73 kpl 4,0 1 1 2 0 1 a 38 6,0 1 2 1 1 19 p 35 6,5 3 4 7 2 47 7,0 7 8 10 3 8 7,5 12 8 9 8,0 14 10 21 8,5 11 12 14 9,0 15 14 6 9,5 2 16 3 10,0 1 18 0 12,0 0 20 0 67 73	Akseli 1 oikea sisä 73 kpl 4,0 0 1 1 0 2 a 33 6,0 0 2 0 1 20 p 40 6,5 2 4 4 2 50 7,0 4 6 4 3 1 7,5 12 8 15 8,0 17 10 19 8,5 10 12 16 9,0 18 14 10 9,5 2 16 4 10,0 1 18 0 12,0 1 20 0 67 73	Akseli 1 oikea ulko 99 kpl 4,0 0 1 1 0 1 a 58 6,0 2 2 1 1 28 p 44 6,5 1 4 8 2 67 7,0 5 6 9 3 2 7,5 12 8 18 8,0 23 10 17 8,5 19 12 23 9,0 23 14 14 9,5 10 16 8 10,0 2 18 0 12,0 1 20 0 98 99
Akseli 2 vasen ulko 99 kpl 4,0 1 1 3 0 1 a 56 6,0 2 2 2 1 25 p 43 6,5 3 4 14 2 55 7,0 8 6 12 3 18 7,5 14 8 25 8,0 27 10 19 8,5 20 12 13 9,0 15 14 9 9,5 7 16 2 10,0 2 18 0 12,0 0 20 0 99 99	Akseli 2 vasen sisä 64 kpl 4,0 0 1 1 0 0 a 28 6,0 1 2 3 1 18 p 36 6,5 4 4 7 2 43 7,0 11 6 9 3 3 7,5 8 8 18 8,0 18 10 12 8,5 12 12 8 9,0 6 14 5 9,5 1 16 1 10,0 1 18 0 12,0 0 20 0 60 64	Akseli 2 oikea sisä 64 kpl 4,0 1 1 1 0 1 a 24 6,0 1 2 4 1 20 p 38 6,5 0 4 4 2 40 7,0 5 6 11 3 1 7,5 8 8 10 8,0 18 10 13 8,5 14 12 10 9,0 10 14 8 9,5 1 16 2 10,0 0 18 1 12,0 0 20 0 58 64	Akseli 2 oikea ulko 99 kpl 4,0 1 1 4 0 4 a 50 6,0 0 2 3 1 27 p 46 6,5 0 4 8 2 63 7,0 6 8 10 3 2 7,5 10 8 21 8,0 23 10 17 8,5 27 12 18 9,0 21 14 12 9,5 9 16 6 10,0 1 18 0 12,0 0 20 0 98 99
Akseli 3 vasen ulko 97 kpl 4,0 1 1 2 0 2 a 61 6,0 1 2 7 1 28 p 36 6,5 2 4 11 2 53 7,0 7 6 19 3 13 7,5 15 8 12 8,0 24 10 20 8,5 20 12 10 9,0 18 14 13 9,5 5 16 3 10,0 2 18 0 12,0 1 20 0 97 97	Akseli 3 vasen sisä 66 kpl 4,0 2 1 3 0 2 a 32 6,0 1 2 2 1 20 p 34 6,5 1 4 7 2 40 7,0 8 6 17 3 4 7,5 7 8 9 8,0 15 10 12 8,5 15 12 9 9,0 6 14 5 9,5 2 16 2 10,0 1 18 0 12,0 0 20 0 58 66	Akseli 3 oikea sisä 66 kpl 4,0 0 1 4 0 0 a 27 6,0 1 2 4 1 19 p 38 6,5 1 4 4 2 44 7,0 5 6 7 3 2 7,5 14 8 14 8,0 17 10 9 8,5 10 12 13 9,0 10 14 10 9,5 3 16 1 10,0 0 18 0 12,0 0 20 0 61 66	Akseli 3 oikea ulko 97 kpl 4,0 0 1 5 0 3 a 53 6,0 1 2 2 1 37 p 43 6,5 4 4 8 2 53 7,0 10 6 10 3 3 7,5 10 8 19 8,0 22 10 20 8,5 21 12 16 9,0 17 14 12 9,5 8 16 4 10,0 3 18 1 12,0 1 20 0 97 97
Akseli 4 vasen ulko 67 kpl 4,0 0 1 7 0 3 a 49 6,0 0 2 3 1 14 p 17 6,5 1 4 7 2 41 7,0 4 6 12 3 9 7,5 7 8 11 8,0 17 10 9 8,5 8 12 11 9,0 18 14 5 9,5 8 16 2 10,0 1 18 0 12,0 1 20 0 65 67	Akseli 4 vasen sisä 37 kpl 4,0 0 1 3 0 0 a 22 6,0 1 2 3 1 10 p 14 6,5 0 4 4 2 24 7,0 3 6 10 3 3 7,5 8 8 4 8,0 11 10 8 8,5 6 12 3 9,0 4 14 2 9,5 4 16 0 10,0 0 18 0 12,0 0 20 0 37 37	Akseli 4 oikea sisä 37 kpl 4,0 0 1 4 0 0 a 21 6,0 0 2 1 1 10 p 15 6,5 2 4 3 2 25 7,0 3 6 8 3 0 7,5 5 8 6 8,0 13 10 10 8,5 6 12 4 9,0 6 14 1 9,5 1 16 2 10,0 1 18 0 12,0 0 20 0 37 37	Akseli 4 oikea ulko 67 kpl 4,0 1 1 3 0 0 a 46 6,0 0 2 2 1 20 p 20 6,5 0 4 5 2 45 7,0 6 6 10 3 1 7,5 3 8 12 8,0 15 10 15 8,5 16 12 13 9,0 13 14 3 9,5 10 16 3 10,0 3 18 0 12,0 0 20 0 67 66
Akseli 5 vasen ulko 9 kpl 4,0 0 1 0 0 0 a 8 6,0 0 2 2 1 0 p 1 6,5 0 4 0 2 7 7,0 0 6 1 3 2 7,5 0 8 2 8,0 1 10 3 8,5 1 12 1 9,0 4 14 0 9,5 1 16 0 10,0 1 18 0 12,0 1 20 0 9 9	Akseli 5 vasen sisä 0 kpl 4,0 0 1 0 0 0 a 0 6,0 0 2 0 1 0 p 0 6,5 0 4 0 2 0 7,0 0 6 0 3 0 7,5 0 8 0 8,0 0 10 0 8,5 0 12 0 9,0 0 14 0 9,5 0 16 0 10,0 0 18 0 12,0 0 20 0 0 0	Akseli 5 oikea sisä 0 kpl 4,0 0 1 0 0 0 a 0 6,0 0 2 0 1 0 p 0 6,5 0 4 0 2 0 7,0 0 6 0 3 0 7,5 0 8 0 8,0 0 10 0 8,5 0 12 0 9,0 0 14 0 9,5 0 16 0 10,0 0 18 0 12,0 0 20 0 0 0	Akseli 5 oikea ulko 9 kpl 4,0 0 1 0 0 0 a 8 6,0 0 2 2 1 0 p 1 6,5 0 4 0 2 9 7,0 0 6 3 3 0 7,5 0 8 2 8,0 0 10 2 8,5 2 12 0 9,0 5 14 0 9,5 1 16 0 10,0 1 18 0 12,0 0 20 0 9 9

Varsinaisen perävaunun vetoauto

Akseli 1 vasen 99 kpl					
renkaspaine / bar	kpl	kulutusarman syvyys / mm	kpl	0-huono, rungon kunto 3-erimäinen	alkuperäinen / pinnoitettu
4,0	0	1	0	0	a 97
6,0	0	2	0	1	p 2
6,5	0	4	4	2	71
7,0	3	6	13	3	24
7,5	1	6	21		99
8,0	14	10	21		
8,5	24	12	21		
9,0	27	14	15		
9,5	17	16	3		
10,0	10	18	1		
12,0	1	20	0		

Akseli 1 oikea 99 kpl					
renkaspaine / bar	kpl	kulutusarman syvyys / mm	kpl	0-huono, rungon kunto 3-erimäinen	alkuperäinen / pinnoitettu
4,0	0	1	0	0	a 97
6,0	1	2	0	1	p 2
6,5	0	4	1	2	86
7,0	1	6	8	3	6
7,5	3	8	20		99
8,0	10	10	17		
8,5	26	12	27		
9,0	26	14	20		
9,5	18	16	6		
10,0	9	18	0		
12,0	3	20	0		

Akseli 2 vasen ulko 99 kpl					
renkaspaine / bar	kpl	kulutusarman syvyys / mm	kpl	0-huono, rungon kunto 3-erimäinen	alkuperäinen / pinnoitettu
4,0	0	1	1	0	a 42
6,0	1	2	0	1	p 56
6,5	3	4	2	2	66
7,0	3	6	18	3	12
7,5	11	8	21		98
8,0	29	10	25		
8,5	27	12	12		
9,0	20	14	10		
9,5	4	16	4		
10,0	1	18	4		
12,0	0	20	2		

Akseli 2 vasen sisä 85 kpl					
renkaspaine / bar	kpl	kulutusarman syvyys / mm	kpl	0-huono, rungon kunto 3-erimäinen	alkuperäinen / pinnoitettu
4,0	0	1	0	0	a 38
6,0	2	2	0	1	p 47
6,5	1	4	0	2	66
7,0	7	6	15	3	7
7,5	9	8	13		84
8,0	26	10	19		
8,5	17	12	21		
9,0	11	14	9		
9,5	6	16	4		
10,0	0	18	3		
12,0	0	20	1		

Akseli 2 oikea sisä 85 kpl					
renkaspaine / bar	kpl	kulutusarman syvyys / mm	kpl	0-huono, rungon kunto 3-erimäinen	alkuperäinen / pinnoitettu
4,0	0	1	0	0	a 26
6,0	2	2	1	1	p 59
6,5	2	4	5	2	67
7,0	4	6	6	3	2
7,5	15	8	16		85
8,0	20	10	18		
8,5	20	12	14		
9,0	16	14	14		
9,5	3	16	5		
10,0	0	18	6		
12,0	0	20	0		

Akseli 2 oikea ulko 99 kpl					
renkaspaine / bar	kpl	kulutusarman syvyys / mm	kpl	0-huono, rungon kunto 3-erimäinen	alkuperäinen / pinnoitettu
4,0	0	1	0	0	a 32
6,0	1	2	1	1	p 86
6,5	3	4	4	2	77
7,0	8	6	10	3	1
7,5	13	8	14		99
8,0	22	10	19		
8,5	22	12	26		
9,0	20	14	13		
9,5	8	16	8		
10,0	1	18	3		
12,0	0	20	1		

Akseli 3 vasen ulko 98 kpl					
renkaspaine / bar	kpl	kulutusarman syvyys / mm	kpl	0-huono, rungon kunto 3-erimäinen	alkuperäinen / pinnoitettu
4,0	0	1	3	0	a 48
6,0	0	2	5	1	p 50
6,5	2	4	16	2	60
7,0	10	8	12	3	11
7,5	15	8	21		97
8,0	21	10	14		
8,5	20	12	13		
9,0	22	14	9		
9,5	3	16	2		
10,0	5	18	2		
12,0	0	20	1		

Akseli 3 vasen sisä 76 kpl					
renkaspaine / bar	kpl	kulutusarman syvyys / mm	kpl	0-huono, rungon kunto 3-erimäinen	alkuperäinen / pinnoitettu
4,0	0	1	7	0	a 33
6,0	1	2	3	1	p 43
6,5	4	4	9	2	59
7,0	5	6	7	3	3
7,5	10	8	15		75
8,0	24	10	18		
8,5	15	12	8		
9,0	13	14	7		
9,5	2	16	2		
10,0	0	18	1		
12,0	0	20	1		

Akseli 3 oikea sisä 76 kpl					
renkaspaine / bar	kpl	kulutusarman syvyys / mm	kpl	0-huono, rungon kunto 3-erimäinen	alkuperäinen / pinnoitettu
4,0	0	1	7	0	a 26
6,0	2	2	1	1	p 50
6,5	1	4	8	2	51
7,0	9	6	18	3	0
7,5	19	8	5		76
8,0	15	10	13		
8,5	14	12	11		
9,0	8	14	8		
9,5	4	16	3		
10,0	0	18	2		
12,0	0	20	0		

Akseli 3 oikea ulko 98 kpl					
renkaspaine / bar	kpl	kulutusarman syvyys / mm	kpl	0-huono, rungon kunto 3-erimäinen	alkuperäinen / pinnoitettu
4,0	0	1	7	0	a 40
6,0	2	2	4	1	p 58
6,5	1	4	12	2	67
7,0	6	6	15	3	1
7,5	16	8	14		98
8,0	23	10	20		
8,5	21	12	7		
9,0	22	14	15		
9,5	6	16	2		
10,0	0	18	2		
12,0	1	20	0		

Akseli 4 vasen ulko 14 kpl					
renkaspaine / bar	kpl	kulutusarman syvyys / mm	kpl	0-huono, rungon kunto 3-erimäinen	alkuperäinen / pinnoitettu
4,0	1	1	0	0	a 9
6,0	1	2	0	1	p 5
6,5	0	4	5	2	11
7,0	1	6	2	3	1
7,5	4	8	2		14
8,0	2	10	1		
8,5	2	12	2		
9,0	1	14	1		
9,5	2	16	1		
10,0	0	18	0		
12,0	0	20	0		

Akseli 4 vasen sisä 14 kpl					
renkaspaine / bar	kpl	kulutusarman syvyys / mm	kpl	0-huono, rungon kunto 3-erimäinen	alkuperäinen / pinnoitettu
4,0	0	1	2	0	a 6
6,0	0	2	0	1	p 8
6,5	0	4	1	2	9
7,0	1	6	2	3	1
7,5	4	8	3		14
8,0	5	10	1		
8,5	0	12	4		
9,0	1	14	0		
9,5	1	16	1		
10,0	0	18	0		
12,0	0	20	0		

Akseli 4 oikea sisä 14 kpl					
renkaspaine / bar	kpl	kulutusarman syvyys / mm	kpl	0-huono, rungon kunto 3-erimäinen	alkuperäinen / pinnoitettu
4,0	0	1	0	0	a 2
6,0	0	2	0	1	p 12
6,5	0	4	3	2	8
7,0	2	6	2	3	0
7,5	2	8	2		14
8,0	3	10	1		
8,5	2	12	0		
9,0	2	14	2		
9,5	1	16	3		
10,0	0	18	1		
12,0	0	20	0		

Akseli 4 oikea ulko 14 kpl					
renkaspaine / bar	kpl	kulutusarman syvyys / mm	kpl	0-huono, rungon kunto 3-erimäinen	alkuperäinen / pinnoitettu
4,0	0	1	1	0	a 3
6,0	0	2	0	1	p 11
6,5	0	4	1	2	10
7,0	0	6	1	3	0
7,5	2	8	0		14
8,0	6	10	2		
8,5	3	12	4		
9,0	3	14	2		
9,5	0	16	2		
10,0	0	18	1		
12,0	0	20	0		

Varsinainen perävaunu, yhteenveto

Akseli 1 vasen ulko										99 kpi										Akseli 1 vasen sisä										73 kpi										
rengaspaine / bar					kpl					rengaspaine / bar					kpl					rengaspaine / bar					kpl					rengaspaine / bar					kpl					
kpl					kpl					kpl					kpl					kpl					kpl					kpl					kpl					
kulutuspinnan syvyys / mm					runkon kunto / 0=huono, 3=erinomainen					kulutuspinnan syvyys / mm					runkon kunto / 0=huono, 3=erinomainen					kulutuspinnan syvyys / mm					runkon kunto / 0=huono, 3=erinomainen					kulutuspinnan syvyys / mm					runkon kunto / 0=huono, 3=erinomainen					
alkuperäinen / pinnollitettu					alkuperäinen / pinnollitettu					alkuperäinen / pinnollitettu					alkuperäinen / pinnollitettu					alkuperäinen / pinnollitettu					alkuperäinen / pinnollitettu					alkuperäinen / pinnollitettu					alkuperäinen / pinnollitettu					
4,0	0	1	4	0	0	a	62			4,0	1	1	2	0	1	a	36			4,0	0	1	1	0	2	a	33			4,0	0	1	1	0	1	a	55			
6,0	1	2	4	1	25	p	37			6,0	1	2	1	1	1	19	p	35			6,0	0	2	0	1	20	p	40			6,0	2	2	1	1	28	p	44		
6,5	1	4	10	2	59			99		6,5	3	4	7	2	47					6,5	1	4	4	2	50			73			6,5	1	4	8	2	67			99	
7,0	2	6	9	3	15					7,0	7	6	10	3	6					7,0	4	6	4	3	1					7,0	5	6	9	3	2					
7,5	15	8	10							7,5	12	8	9							7,5	12	8	15							7,5	12	8	18							
8,0	23	10	24					99		8,0	14	10	21							8,0	17	10	19					73			8,0	23	10	17					98	
8,5	18	12	20							8,5	11	12	14							8,5	10	12	16							8,5	19	12	23							
9,0	30	14	12							9,0	15	14	6							9,0	18	14	10							9,0	23	14	14							
9,5	9	16	6							9,5	2	16	3							9,5	2	16	4							9,5	10	16	8							
10,0	0	18	0							10,0	1	18	0							10,0	1	18	0							10,0	2	18	0							
12,0	0	20	0							12,0	0	20	0							12,0	0	20	0							12,0	1	20	0							
99										99										99										98									99	
Akseli 2 vasen										99 kpi										Akseli 2 vasen sisä										64 kpi										
rengaspaine / bar					kpl					rengaspaine / bar					kpl					rengaspaine / bar					kpl					rengaspaine / bar					kpl					
kpl					kpl					kpl					kpl					kpl					kpl					kpl					kpl					
kulutuspinnan syvyys / mm					runkon kunto / 0=huono, 3=erinomainen					kulutuspinnan syvyys / mm					runkon kunto / 0=huono, 3=erinomainen					kulutuspinnan syvyys / mm					runkon kunto / 0=huono, 3=erinomainen					kulutuspinnan syvyys / mm					runkon kunto / 0=huono, 3=erinomainen					
alkuperäinen / pinnollitettu					alkuperäinen / pinnollitettu					alkuperäinen / pinnollitettu					alkuperäinen / pinnollitettu					alkuperäinen / pinnollitettu					alkuperäinen / pinnollitettu					alkuperäinen / pinnollitettu					alkuperäinen / pinnollitettu					
4,0	1	1	3	0	1	a	56			4,0	0	1	1	0	0	a	26			4,0	1	1	1	0	1	a	24			4,0	1	1	4	0	4	a	50			
6,0	1	2	2	1	25	p	43			6,0	1	2	3	1	18	p	36			6,0	1	2	4	1	20	p	38			6,0	1	2	2	1	37	p	43			
6,5	3	4	14	2	55			99		6,5	4	4	7	2	43					6,5	0	4	4	2	40			62			6,5	0	4	8	2	63			96	
7,0	8	6	12	3	18					7,0	11	6	9	3	3					7,0	5	6	11	3	1					7,0	6	6	10	3	2					
7,5	14	8	25							7,5	8	8	18							7,5	8	8	10							7,5	10	8	21							
8,0	27	10	19					99		8,0	16	10	12							8,0	18	10	13					62			8,0	23	10	17					96	
8,5	20	12	13							8,5	12	12	8							8,5	14	12	10							8,5	27	12	18							
9,0	15	14	9							9,0	6	14	5							9,0	10	14	8							9,0	21	14	12							
9,5	7	16	2							9,5	1	16	1							9,5	1	16	2							9,5	9	16	6							
10,0	2	18	0							10,0	1	18	0							10,0	0	18	1							10,0	1	18	0							
12,0	0	20	0							12,0	0	20	0							12,0	0	20	0							12,0	0	20	0							
99										99										99										98									99	
Akseli 3 vasen										97 kpi										Akseli 3 vasen sisä										66 kpi										
rengaspaine / bar					kpl					rengaspaine / bar					kpl					rengaspaine / bar					kpl					rengaspaine / bar					kpl					
kpl					kpl					kpl					kpl					kpl					kpl					kpl					kpl					
kulutuspinnan syvyys / mm					runkon kunto / 0=huono, 3=erinomainen					kulutuspinnan syvyys / mm					runkon kunto / 0=huono, 3=erinomainen					kulutuspinnan syvyys / mm					runkon kunto / 0=huono, 3=erinomainen					kulutuspinnan syvyys / mm					runkon kunto / 0=huono, 3=erinomainen					
alkuperäinen / pinnollitettu					alkuperäinen / pinnollitettu					alkuperäinen / pinnollitettu					alkuperäinen / pinnollitettu					alkuperäinen / pinnollitettu					alkuperäinen / pinnollitettu					alkuperäinen / pinnollitettu					alkuperäinen / pinnollitettu					
4,0	1	1	2	0	2	a	61			4,0	2	1	3	0	2	a	34			4,0	0	1	4	0	0	a	27			4,0	0	1	5	0	3	a	53			
6,0	1	2	7	1	28	p	36			6,0	1	2	2	1	20	p	32			6,0	1	2	4	1	19	p	38			6,0	1	2	2	1	37	p	43			
6,5	2	4	11	2	53			97		6,5	1	4	7	2	40					6,5	1	4	4	2	44			65			6,5	4	4	8	2	53			96	
7,0	7	6	19	3	13					7,0	8	6	17	3	4					7,0	5	6	7	3	2					7,0	6	6	10	3	3					
7,5	15	8	12							7,5	7	8	9							7,5	7	8	14							7,5	10	8	19							
8,0	24	10	20							8,0	15	10	12							8,0	17	10	9							8,0	22	10	20							
8,5	20	12	10							8,5	15	12	9							8,5	10	12	13							8,5	21	12	16							
9,0	19	14	13							9,0	6	14	5							9,0	10	14	10							9,0	17	14	12							
9,5	5	16	3							9,5	2	16	2							9,5	3	16	1							9,5	8	16	4							
10,0	2	18	0							10,0	1	18	0							10,0	0	18	0							10,0	3	18	1							
12,0	1	20	0							12,0	0	20	0							12,0	0	20	0							12,0	1	20	0							
97										97										97										98									99	
Akseli 4 vasen										67 kpi										Akseli 4 vasen sisä										37 kpi										
rengaspaine / bar					kpl					rengaspaine / bar					kpl					rengaspaine / bar					kpl					rengaspaine / bar					kpl					
kpl					kpl					kpl					kpl					kpl					kpl					kpl					kpl					
kulutuspinnan syvyys / mm					runkon kunto / 0=huono, 3=erinomainen					kulutuspinnan syvyys / mm					runkon kunto / 0=huono, 3=erinomainen					kulutuspinnan syvyys / mm					runkon kunto / 0=huono, 3=erinomainen					kulutuspinnan syvyys / mm					runkon kunto / 0=huono, 3=erinomainen					
alkuperäinen / pinnollitettu					alkuperäinen / pinnollitettu					alkuperäinen / pinnollitettu					alkuperäinen / pinnollitettu					alkuperäinen / pinnollitettu					alkuperäinen / pinnollitettu					alkuperäinen / pinnollitettu					alkuperäinen / pinnollitettu					
4,0	0	1	7	0	3	a	49			4,0	0	1	3	0	0	a	22			4,0	0	1	4	0	0	a	21			4,0	1	1	3	0	0	a	46			
6,0	0	2	3	1	14	p	17			6,0	1	2	3	1	10	p	14			6,0	0	2	1	1	10	p	15			6,0	0	2	2	1	20	p	20			
6,5	1	4	7	2	41			66		6,5	0	4	4	2	24					6,5	0	4	3	2	25			36			6,5	0	4	5	2	45			66	
7,0	4	8	12	3	9					7,0	3	8	10	3	3					7,0	3	6	6	3	0					7,0	6	6	10	3	1					
7,5	7	8	11							7,5	8	8	4							7,5	5	8	6							7,5	3	8	12							
8,0	17	10	9							8,0	11	10	8							8,0	13	10	10							8,0	15	10	15							
8,5	8	12	11							8,5	6	12	3							8,5	6	12	4							8,5	16	12	13							
9,0	16	14	5							9,0	4	14	2							9,0	6	14	1							9,0	13	14	3							
9,5	8	16	2							9,5	4	16	0							9,5	1	16	2							9,5	10	16	3							
10,0	1	18	0							10,0	0	18	0							10,0	0	18	0							10,0	3	18	0							
12,0	1	20	0							12,0	0	20	0							12,0	0																			

Yhteenveto: (Kes- kiarvot)		KAIP (TÄYSI)	KAIP (TYHJÄ)	KAPP -VETOAUTO (TÄYSI)	KAPP -VETOAUTO (TYHJÄ)	KAPP -VETOAUTO (TÄYSI)	KAPP -VETOAUTO (TYHJÄ)
akseli 1 vasen	rengaspaine (bar)	8,9	8,1	9,1	8,3	8,8	8,7
	renkaan lämpötila	38,2	27,2	33,6	25,9	30,4	28,0
	jarrun lämpötila	73,1	47,2	55,3	30,7	59,4	49,0
akseli 1 oikea	rengaspaine (bar)	8,8	8,3	8,9	8,2	8,7	8,7
	renkaan lämpötila	40,5	26,5	34,4	25,8	29,4	28,0
	jarrun lämpötila	73,9	50,3	56,5	30,3	58,0	47,0
akseli 2 vasen ulko	rengaspaine (bar)	8,2	7,8	8,1	7,8	8,1	8,0
	renkaan lämpötila	38,2	26,4	33,4	22,8	29,9	26,0
	jarrun lämpötila	64,8	46,5	44,0	25,8	57,6	50,0
akseli 2 vasen sisä	rengaspaine (bar)	8,6	7,6	7,8	7,8	8,1	7,8
	renkaan lämpötila	39,8	25,9	30,4	22,5	29,3	27,0
akseli 2 oikea sisä	rengaspaine (bar)	8,5	7,8	8,0	8,0	7,9	8,0
	renkaan lämpötila	37,4	24,7	30,5	22,3	28,2	26,0
akseli 2 oikea ulko	rengaspaine (bar)	8,4	7,7	8,1	7,8	8,0	8,0
	renkaan lämpötila	38,7	24,8	32,3	22,6	30,6	25,0
	jarrun lämpötila	63,4	44,2	39,8	27,1	61,3	47,0
akseli 3 vasen ulko	rengaspaine	8,5	7,7	8,4	8,2	8,0	8,0
	renkaan lämpötila	38,2	19,9	30,8	25,0	27,2	24,0
	jarrun lämpötila	57,7	35,0	55,8	37,0	49,8	45,0
akseli 3 vasen sisä	rengaspaine (bar)	8,2	7,9		6,6	7,9	7,8
	renkaan lämpötila	37,2	20,7		25,0	27,2	27,0
akseli 3 oikea sisä	rengaspaine (bar)	8,1	7,6		8,2	7,6	7,8
	renkaan lämpötila	36,3	20,8		26,8	26,3	25,0
akseli 3 oikea ulko	rengaspaine (bar)	8,0	8,0		8,3	8,1	8,0
	renkaan lämpötila	36,5	20,3		25,6	26,4	23,0
	jarrun lämpötila	61,2	35,6		33,6	46,8	43,0
akseli 4 vasen ulko	rengaspaine (bar)	8,8	7,7				
	renkaan lämpötila	37,3	26,0				
	jarrun lämpötila	58,4	45,0				
akseli 4 vasen sisä	rengaspaine (bar)	8,6	7,7				
	renkaan lämpötila	37,5	27,0				
akseli 4 oikea sisä	rengaspaine (bar)	8,6	8,3				
	renkaan lämpötila	37,0	26,0				
akseli 4 oikea ulko	rengaspaine (bar)	8,2	7,7				
	renkaan lämpötila	36,8	24,0				
	jarrun lämpötila	60,4	36,0				

ISSN 1457-9871
ISBN 951-726-730-4
TIEL 3200658